

# Venetelakkatoiminnan vaikutukset maaperään ja sedimenttiin

Paula Pitkäranta

YMPÄRISTÖN-  
SUOJELU





# Venetelakkatoiminnan vaikutukset maaperään ja sedimenttiin

**Paula Pitkäranta**

Helsinki 2008

Uudenmaan ympäristökeskus



UUDENMAAN  
YMPÄRISTÖKESKUS  
NYLANDS  
MILJÖCENTRAL

SUOMEN YMPÄRISTÖ 16 | 2008  
Uudenmaan ympäristökeskus

Kannen taitto: Reetta Harmaja

Kannen kuva: Eric Sundström 1925, Helsingin kaupungin museo/ Blekholman Uusi Veistämö

Edita Prima Oy, Helsinki 2008

Julkaisu on saatavana myös internetistä:  
<http://www.ymparisto.fi/uus/julkaisut>

ISBN 978-952-11-3093-9 (nid.)

ISBN 978-952-11-3094-6 (PDF)

ISSN 1238-7312 (pain.)

ISSN 1796-1637 (verkkokj.)

## ALKUSANAT

Uudenmaan ympäristökeskuksessa käynnistyi syksyllä 2006 hanke, jossa on selvitetty venetelakoiden ympäristövaikutuksia. Hanke on toteutettu yhteistyössä Porvoon kaupungin, Suomen ympäristökeskuksen ja Helsingin yliopiston Geologian laitoksen kanssa.

Hankkeen aikana on selvitetty sekä vanhojen että toiminnassa olevien venetelakoiden maaperän ja sedimentin pilantuneisuutta. Tuloksista kerrotaan tässä julkaisussa. Tutkimuksessa on käyty läpi suomalaisten venetelakoiden ja veistämöiden toimintaa, toiminnassa käytettyjä kemikaaleja ja haitta-aineita, työtapoja, jätahuoltoa sekä tehtyjä ympäristötutkimuksia. Samalla on kartoitettu kaikki Porvoon alueella toimineet ja yhä toimivat venetelakat ja -veistämöt sekä veneiden talvisäilytysalueet. Esimerkkikohteeksi valitulla venetelakalla on toteutettu tarkempia ympäristötutkimuksia.

Selvityksen on tehnyt ympäristögeologian opiskelija Paula Pitkäranta. Tuloksista on valmistunut myös pro gradu -tutkielma. Esimerkkikohteen ympäristötutkimusten toteutuksessa ovat olleet mukana Ramboll Finland Oy ja Helsingin yliopiston Geologian laitos.

Hankkeen ohjausryhmään ovat kuuluneet suunnittelija Kaija Savelainen (pj) Uudenmaan ympäristökeskuksesta, ympäristöntutkimuspäällikkö Carita Forsberg-Heikkilä Porvoon ympäristönsuojelutoimistosta, ylitarkastaja Kenneth Holm Suomen ympäristökeskuksesta, tutkimusinsinööri Jussi Reinikainen Suomen ympäristökeskuksesta sekä ympäristögeologian professori Veli-Pekka Salonen Helsingin yliopistosta.

Kiitän lämpimästi kaikkia työhön osallistuneita ja sen toteutumista edistäneitä henkilöitä ja tahoja.

Helsingissä huhtikuussa 2008

Leena Saviranta  
ympäristökeskuksen johtaja

## SISÄLLYS

Alkusanat .....	3
1 Johdanto.....	5
2 Venetelakat ja veneveistämöt Suomessa.....	6
2.1 Termien määrittely.....	6
2.2 Venetelakoiden ja veneveistämöiden historiaa.....	9
2.3 Toimialan laajuus.....	11
3 Venetelakkatoiminta ja ympäristö .....	16
3.1 Ympäristöä kuormittava toiminta .....	16
3.2 Venetelakoilla käytetyt kemikaalituotteet .....	19
3.3 Kriittiset haitta-aineet ja niiden ominaisuudet.....	26
4 Aiemmat ympäristötutkimukset.....	35
4.1 Vertailuarvot.....	35
4.2 Telakat ja talvisäilytysalueet.....	38
4.3 Venesatamat ja muut sedimenttitutkimukset.....	44
4.4 Ympäristötutkimukset ulkomailla .....	49
5 Ympäristötutkimukset venetelakalla Porvoossa .....	53
5.1 Tutkimusalue .....	53
5.2 Maaperätutkimukset.....	53
5.3 Sedimenttitutkimukset.....	59
5.4 Yhteenveto .....	64
6 Yhteenveto ja johtopäätökset .....	66
6.1 Venetelakkatoiminnan laajuus.....	66
6.2 Kemikaalit ja haitta-aineet.....	66
6.3 Ympäristötutkimukset.....	67
6.4 Venetelakkatoiminta ja ympäristö .....	68
6.5 Jatkotoimenpiteet .....	70
Tekijän kiitokset.....	73
Lähteet.....	74
Liitteet .....	82
Kuvailulehti.....	113
Presentationsblad .....	114

# 1 Johdanto

Ympäristöasioihin, kuten maaperän ja pohjaveden pilaantumiseen alettiin Suomessa kiinnittää tarkempaa huomiota vasta 1980-luvulla. Järjestelmällinen pilaantuneiden maa-alueiden kartoitustyö alkoi Suomessa 1990-luvun alussa ja työ jatkuu edelleen. Ympäristöhallinnossa on toteutettu myös joitakin toimialakohtaisia maaperän pilaantuneisuusselvityksiä.

Veneilyssä on käytetty paljon erityyppisiä veneidenhoitokemikaaleja, jotka ovat sisältäneet ympäristölle haitallisia yhdisteitä kuten raskasmetalleja, orgaanisia tinayhdisteitä ja polykloorattuja bifenyylejä. Erityisen paljon huomiota herätti tributyyylitina (TBT) Vuosaaren sataman rakentamishankkeen yhteydessä, kun ruoppausten yhteydessä telakan edustan sedimentistä paljastui korkeita TBT-pitoisuuksia. Sittemmin on orgaanisten tinayhdisteiden levinneisyyttä Suomen sisä- ja ulkovesillä tutkittu koko ajan enemmän. Laivatelakoiden, satamien sekä vilkkaasti liikennöityjen laivaväylien ympäristöstä on löydetty TBT:n lisäksi muitakin ympäristölle haitallisia orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä.

Venetelakoiden ja veneveistämöiden ympäristövaikutuksia ei Suomessa ole juurikaan tutkittu. Venetelakat ja -veistämöt sijaitsevat usein vesistöjen äärellä ja kaupunkien läheisyydessä. Kaupunkien asukasmäärien kasvaessa ja asuntotuotantoon soveltuvien maa-alueiden lukumäärän ollessa rajoitettu, on rakentaminen suuntautunut yhä useammin heikommin rakentamiseen soveltuville alueille kuten teollisuusalueille. Erityisesti maankäyttömuodon muuttuessa on noussut tarve selvittää alueen käyttöhistoriaa ja mahdollista pilaantuneisuutta.

Tämä selvitys on jatkoa Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2001 toteutetulle Venetelakoiden ja talvisäilytysalueiden maaperän kunnostustarve esiselvitykselle. Tämä selvitys on myös osa ympäristöhallinnossa toteutettuja toimialakohtaisia maaperän pilaantuneisuusselvityksiä.

Työn tavoitteena oli selvittää minkä tyyppisestä ympäristöstä kuormittavasta toiminnasta on venetelakoiden ja veneveistämöiden kohdalla kyse. Tarkoituksena oli selvittää venetelakoiden ja -veistämöiden vanhaa ja nykyistä toimintaa, toiminnassa käytettyjä kemikaaleja, niiden sisältämiä haitta-aineita sekä kartoittaa toimialan laajuutta Suomessa eri ajanjaksoina. Esimerkkialueeksi valittiin Porvoo, jonka alueelta kartoitettiin kaikki toimivat ja toimintansa lopettaneet veneveistämöt ja venetelakat sekä toteutettiin ympäristötutkimuksia esimerkikohteeksi valitulla venetelakalla. Ympäristötutkimusten tulokset esitellään selvityksen loppupuolella. Selvityksen lopuksi tarkastellaan ja luonnehditaan yleisellä tasolla venetelakoiden ja veneveistämöiden ympäristöön kohdistamia riskejä.

## 2 Venetelakat ja veneveistämöt Suomessa

### 2.1 Termien määrittely

Telakka on alue, jolla rakennetaan, korjataan ja huolletaan ammattimaisesti erikoisia aluksia. Korjaustelakalla ainoastaan korjataan ja huolletaan aluksia ja ne voidaan edelleen jakaa toiminnan kohteena olevien alusten koon mukaan veneiden tai laivojen korjaustelakoiksi. Telakkaa, jolla ainoastaan rakennetaan aluksia, kutsutaan uudistelakaksi tai veistämöksi. Laivoja rakentavaa yksikköä kutsutaan laivaveistämöksi tai laivarakentamoksi ja veneitä rakentavaa yksikköä veneveistämöksi tai nykyisin venevalmistamoksi tai tehtaaksi. Ruotsinkielessä käsitettä veneveistämö vastaa termi *båtbyggeri* ja käsitettä venetelakka termi *båtvarv*. Näiden käsitteiden erona on lähinnä se, että perinteisesti *båtbyggeri* on ollut yhden tai useamman hengen verstaas, jossa on veistetty puuveneitä. *Båtvarv* on sen sijaan ollut toiminnaltaan laajempi yksikkö, jossa on veneiden rakentamisen lisäksi asennettu moottorit veneisiin sekä tarjottu veneiden huolto-, korjaus- ja telakointipalveluita. (Krause 2007).

Telakat voidaan jakaa niiden toimintaperiaatteiden mukaan allastelakoihin (kutsutaan myös sulkuihin tai kuivatelakoihin), uiviin telakoihin, nostotelakoihin ja veto- tai vaunutelakoihin. Venetelakat ovat toimintaperiaatteeltaan useimmiten veto- ja/tai nostotelakkoja. Vetotelakka on telakka, jossa alus siirretään maihin kiskojen päällä liikuteltavan kelkan avulla (kuva 1). Ennen vanhaan alus hinattiin maalle pyöriviä tukipuita pitkin. Nostotelakalla vene nostetaan vedestä nostokurjen avulla maihin. (Juslin 2007).



Kuva 1. Vetotelakka (Kuva: Paula Pitkäranta).



Uivat telakat ovat Suomessa melko harvinaisia. Niissä telakka koostuu siirrettävästä telakkaponttonista, jonka päälle alus ajetaan. Kun telakkaponttonista pumpataan vettä pois, nousee uiva telakka aluksineen veden pinnalle. Suomessa uivia telakoita on sijainnut ainakin Helsingin Vuosaassa sekä Turun Aurajoessa. Kuivatelakka sen sijaan toimii samalla periaatteella kuin kanavasulku: alus ajetaan portin kautta vettä täynnä olevaan altaaseen ja se ohjataan tukirakenteiden päälle, tämän jälkeen allas tyhjennetään ja alus jää kuiville tukirakenteiden varaan. Suomenlinnan vanha telakka on esimerkki kuivatelakasta. (Juslin 2007).

Veneiden talvisäilytysalueet (kuva 2) ovat kuntien asukkailleen tai veneseurojen jäsenilleen tarjoamia alueita tai kaupallisia alueita, joissa veneilijät voivat säilyttää veneitensä talvikauden yli. Talvisäilytysalueella veneilijät myös suorittavat veneillensä tarvittavat huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet. Usein talvisäilytysalueet sijaitsevat venesatamien yhteydessä: esimerkiksi Helsingin kaupungin talvisäilytysalueista yli 90 % sijaitsee venesataman yhteydessä tai niiden välittömässä läheisyydessä (Airola 2003). Pinta-alaltaan talvisäilytysalueet ovat yleensä melko pieniä: useimmiten <0,5–1 ha ja venemäärä niissä vaihtelee alle kymmenestä yli neljään sataan. (Penttinen & Kauppila 2001). Talvisäilytysalueet voidaan koon mukaan ryhmitellä esimerkiksi seuraavasti:

- pieni talvisäilytysalue: alle 50 venepaikkaa
- keski-suuri talvisäilytysalue: 50–200 venepaikkaa
- suuri talvisäilytysalue: yli 200 venepaikkaa

Keskimäärin Helsingin kaupungin talvisäilytysalueella oli venepaikkoja 172 vuonna 2001. Talvisäilytysalueiden tarve on kasvanut sitten 1970-luvun: vuonna 1978 Helsingin kaupungin veneiden talvisäilytysalueiden venepaikkojen lukumäärä oli lähes 4 000 ja 2000-luvun alussa venepaikkoja oli jo yli 6 000 (Airola 2003).



Kuva 2. Veneitä talvisäilytyksessä Helsingin kaupungin alueella (Kuva: Hannu Airola).

Venesatamat voidaan luokitella niiden tarjoamien palveluiden mukaan seuraavasti (Ympäristöministeriö 1990):

- kotisatama
- käyntisatamat: vierassatama, palvelusatama, yleinen laituri ja luonnonsatama
- turvasatamat: suojasatama ja hätäsatama.

Kotisatama on yleisimmin kunnan tai venekerhon ylläpitämä tai kaupallinen satama, jossa venepaikan omistava tai hallitseva veneilijä voi säilyttää venettään veneilykauden aikana. Käyntisatama puolestaan on satama, josta huviveneilijä voi hakea erilaisia palveluita. Käyntisatamat jaetaan palveluvarustustasoltaan neljään eri ryhmään. Näistä vierassatama (kuva 3) on palveluvarustukseltaan korkeatasoisin ja monipuolisesti venematkailua palveleva satama. Vierassatamassa on juomavesi, elintarvikemyynti, veneille tarkoitettu polttoainejakelu, talousjätehuolto, käymälä, pesumahdollisuus, puhelin sekä vähintään 10 kiinteää vieraspaikkaa. Palvelusatama on puolestaan tarkoitettu pääasiassa elintarvike-, vesi- ja polttoainetäydennyksiä varten ja siellä voi olla myös vieraspaikkoja. Yleinen laituri on kyläsatama tai muu piensatama, joka palvelee pääasiassa kalastusta tai matkustaja- tai yhteysliikennettä. Luonnonsatama on kunnan, yhdistyksen tai muun yhteisön virkistystarkoituksiin varattu tai yleiseen käyttöön otettu satama luonnonvaraisella alueella. Turvasatamat puolestaan ovat satamia, joista voi tilanteen vaatiessa hakea suojaa, saada ensiapua tai korjausapua. (Ympäristöministeriö 1990).

Venesatamia voidaan ryhmitellä samaan tapaan venepaikkojen lukumäärän mukaan, kuin veneiden talvisäilytysalueita (pieni, keskisuuri, suuri). Helsingin kaupungin alueella yleisimmin venesatama oli vuonna 2001 kooltaan keskisuuri, eli venepaikkoja oli satamassa 50–200. Keskimäärin Helsingin kaupungin venesatamassa oli venepaikkoja 163 vuonna 2001, kun suurimmassa venesatamassa venepaikkoja oli yli 800. (Airola 2003).



Kuva 3. Maarianhaminan vierassatama (Kuva: Malin Lönnroth).

## 2.2 Venetelakoiden ja veneveistämöiden historiaa

Ennen kattavan maantie- ja rautatieverkoston syntymistä oli vesiteitse liikkuminen luonteva ja usein ainoa tapa liikkua saaristossa ja rannikolla. Miltei joka pitäjässä, jossa veneitä tarvittiin, löytyi vene- tai laivamestariksi kutsuttu sivutoimisesti työskentelevä ammattimies, joka veisti veneitä käsityömaisesti tarpeen mukaan joko omassa verstaassaan tai tilaajan rannalla.



Kuva 4. Veneen veistoa Vehkalahdella 1900-luvun alussa (Kuva: T.H. Järvi, Museovirasto).

Veneenrakennustaito periytyi usein isältä pojalle tai taito saatiin venemestarin opissa. (Myllykoski 1989). Veneitä ja laivoja veistettiin aina 1800-luvun loppupuolelle saakka samoissa laivavarveiksi kutsutuissa veistämöissä. Vasta kun laivojen koko alkoi kasvaa, kun rauta laivanrakennusmateriaalina ja höyryvoima käyttövoimana alkoivat yleistyä, eriytyi veneteollisuus omaksi teollisuuden haarakseen. (Pohjanpalo 1965; Hillo 1995). Ensimmäinen ympäri vuoden toiminut veneveistämö perustettiin Suomessa vuonna 1875 Turun laivatelakan yhteyteen. Veistämö oli nimeltään Åbo Båtvarf eli Turun veneveistämö ja siitä kehittyikin pian Pohjoismaiden suurin purje- ja moottoriveneiden valmistaja. (Suntio 1980). Polttomoottoriveneet tulivat Suomessa markkinoille 1800-luvun lopulla. Ensimmäisen polttomoottoriveneen valmisti John Stenbergin konetehtas Helsingissä vuonna 1896. Bensiinillä toimivia moottoriveneitä alettiin valmistaa samassa konetehtaassa vuonna 1904 ja ensimmäinen oma perämoottorimerkki tuli Suomeen vuonna 1910. (Hillo 1995).

Ammattimainen puuveneiden rakentaminen oli vilkasta 1910- ja 1920-luvuilla, samaan aikaan jolloin moottoriveneet alkoivat yleistyä. Vuonna 1913 oli Suomessa käsityötilastojen mukaan 13 veneenrakentajaa ja kymmenen vuotta myöhemmin veneenrakentajia oli Suomessa jo 86 (SVT XVIII B 1913–1923). Suurikokoisia, tehdaslaitoksiksi luettavia veistämöitä (kuva 5) oli samaan aikaan Suomessa 37 (SVT XVIII A 1909–1985). Suurimmat veneveistämöt olivat Turun Åbo Båtvarf, Uudenkaupungin Veneveistämö Oy sekä Valkosaaren Uusi Veistämö (kansikuva) Helsingissä. (Hillo 1995). 1900-luvun alkupuolella Suomessa oli monia muitakin rannikkoseudun paikkakuntia, jotka olivat kuuluisia veneenrakentamisen taidoistaan. Tällaisia veneenrakentamisen keskittymiä olivat: Helsinki (erityisesti Valkosaari ja

Sirpalesaari), Porvoo (erityisesti Pellinki ja Kråkö), Uusikaupunki, Vehkalahti (erityisesti Summan ja Neuvottoman kylät), Vaasa, Kristiinankaupunki, Kokkola, Pietarsaari, Loviisa, Hamina, Kotka, Pyhtää, Virolahti ja Koivisto. (Suntio 1980; Rovamo ja Lintunen 1995; Leino et al. 2007).



Kuva 5. Helsingfors skeppsvarv AB:n telakka 1920-luvun puolivälissä (Kuva: K.O. Broström, Helsingin kaupungin museo)

Lama ja sodat vaikuttivat veistämötoimintaan 1930-luvulla. Niinpä suurikokoisia veistämöitä oli 1930-luvulla Suomessa jäljellä enää kymmenisen kappaletta (SVT XVIII A 1909–1985). Pienten veneveistämöiden toiminta kuitenkin pysyi vilkkaana, sillä veneenrakentajia oli vuonna 1934 Suomessa edelleen lähes 90 (SVT XVIII B 1913–1934). 1940-luvulla veistämötoimintaa vilkastutti Neuvostoliitolle suoritettut sotakorvaustoimitukset. Sotakorvauksista noin kolmannes muodostui erikokoisista aluksista, sisältäen muun muassa 91 puurunkoista kuunaria. Sotakorvausalusten rakentamista varten Suomeen perustettiin kokonaan uusia telakoi- ta ja pienetkin telakat ja veistämöt osallistuivat sotakorvaustoimituksiin. (Sipilä 1994). Sotakorvaustoimitusten aikaan oli veistämöteollisuus laajentunut käsittä- mään lähes 60 jäsenyritystä Suomen Veneveistämöyhdistyksessä (Finnboat ry 1946–1985). Viimeinen sotakorvausalus luovutettiin Neuvostoliitolle vuonna 1952. (Sipilä 1994). Korvaustoimitusten päätyttyä veistämöillä oli siirtymisvaikeuksia muuttuneille markkinoille. Markkinat olivat kotimaassa pienet, koska purje- ja moottoriveneitä pidettiin tuolloin ylellisyystavaroina ja venemoottoreita oli vaikea saada muuhun kuin ammattikäyttöön. Niinpä 1950-luvulle tultaessa Suomen Veneveistämöyhdistykseen kuului enää parikymmentä yritystä. Jäljelle jääneet veis- tämöyritykset suuntasivat ulkomaan markkinoille: Islantiin, Neuvostoliittoon, Romaniaan, Ruotsiin, Tanskaan ja Portugaliin. Neuvostoliittoon suuntautuvan kaupankäynnin epävakauudesta johtuen yhä useampi yritys alkoi siirtyä Yhdysval- tojen markkinoille, joka tarjosi mahdollisuuden sarjatuotantona valmistettujen ve- neiden vientiin. (Purje ja moottori 1956). Yhdysvalloissa huviveneily oli alkanut kasvaa 1950-luvulla räjähdysmäisesti ja veneitä vietiin Yhdysvaltoihin runsaasti aina 1960-luvun lopulle saakka, jolloin halvemmat japanilaiset lujitemuoviveneet valtasivat Yhdysvaltojen markkinat. (Hillo 1995).

Ensimmäiset alumiini- ja lujitemuoviveneet valmistettiin Suomessa 1950-luvun loppupuolella ja 1960-luvun tienoilla veistämöala eli jo murroskautta, sillä lujitemuoviveneet alkoivat yleistyä nopeasti. Lujitemuoviveneitä voitiin valmistaa nopeasti ja pienemmillä kustannuksilla ja lisäksi ne olivat helppohoitoisempia kuin puuveneet. Niinpä perinteinen käsityöammatti väistyi vähitellen sarjatuotannon alta. (Myllykoski 1989). Helppohoitoisempien ja halvempien lujitemuovi- ja alumiiniveneiden yleistyminen 1960-luvulla toi veneilyn jokaisen kansalaisen ulottuville ja huviveneily alkoi lisääntyä Suomessa voimakkaasti (Rovamo ja Lintunen 1995). 1970-luvulla Venealan keskusliitto Finnboat ry:hyn (entinen Suomen veneveistämyyhdistys) kuului jo lähes 90 veneveistämöä tai -telakkaa (Finnboat ry 1946–1985). Samaan aikaan moni veistämö siirtyi kokonaan lujitemuoviveneisiin ja puu jäi lähinnä sisutusmateriaaliksi (Suntio 1980). Esimerkiksi Turun veneveistämö valmisti yksinomaan puuveneitä aina vuoteen 1957 ja jo seuraavana vuonna se siirtyi ainoastaan lujitemuoviveneiden valmistukseen. Muita ensimmäisiä lujitemuoviveneiden valmistajia olivat Bensow, Glasmar Oy, Laspol Oy, Te-mu Oy, T:mi Laukkanen ja Muovivene Oy. Kaikki veneveistämöt eivät kuitenkaan siirtyneet lujitemuoviveneisiin ja etenkin iäkkäät veneenveistäjät jatkoivat perinteistä puuveneiden veistämistä. Nämä veistämöt kuitenkin supistuivat pieniksi yhden tai kahden hengen verstaiksi, sillä puuveneiden kysyntä laski Suomessa rajusti. (Hillo 1995).

1980-luvulle tultaessa laajamittainen teollinen puuveneiden valmistus oli ehtinyt loppua lähes kokonaan (Lönnqvist 2003) ja laman myötä 1990-luvulla merkittävä osa suomalaisveistämöistä meni konkurssiin tai vaihtoi omistajaa (Hillo 1995). Sellaiset veneveistämöt, jotka hyötyivät muustakin telakkatoiminnasta, kasvoivat yleensä suurimmiksi (Leino et al. 2007). Tänä päivänä veneilijöiden keskuudessa puhutaan paljon puuveneiden takaisin tulemisesta. Puuveneiden suosio onkin kasvussa, mikä johtuu osaksi puuveneharrastelijoiden aktiivisuudesta.

## 2.3 Toimialan laajuus

### 2.3.1 Venetelakoiden ja veneveistämöiden lukumäärä Suomessa

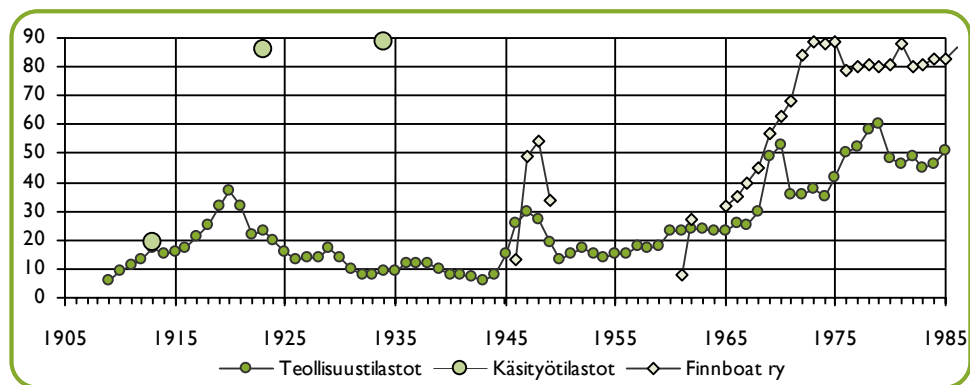
Veneteollisuus on luonteeltaan suhdanneherkkää ja alan kehitys noudattelee pitkälti yleistä talouskehitystä. Tästä johtuen veneveistämöiden ja -telakoiden lukumäärä on vaihdellut Suomessa vuosien saatossa paljon. Luotettavimman kuvan veistämöiden ja telakoiden lukumäärästä saa tilastokeskuksen ylläpitämästä yritysrekisteristä sekä kahteen otteeseen suoritetusta liikeyrityslaskennasta (vuodet 1954 ja 1963). Näistä ei kuitenkaan saa kattavaa kuvaa toiminnan laajuudesta, sillä yritysrekisteriä on alettu ylläpitää vasta vuodesta 1968 lähtien. Kattavamman mutta epäluotettavamman kuvan veistämöiden ja telakoiden lukumäärästä saa teollisuus- ja käsityötilastoista sekä vuonna 1946 perustetun Suomen Veneveistämyyhdistyksen (nykyisin Venealan keskusliitto Finnboat ry) jäsenrekisteritiedoista.

Teollisuustilastoa on kerätty Suomessa vuodesta 1885 lähtien. Vuodesta 1909 lähtien tilastoon on kuulunut teollisuuslaitoksiksi luettava keskisuuri- ja suurteollisuus, jolloin pienikokoiset käsi- tai pienteollisuudeksi luettavat veneveistämöt ja -telakat ovat jääneet osittain tai kokonaan tilaston ulkopuolelle. Teollisuustilastossa on ollut etenkin 1900-luvun alkupuolella hyvin vaihtelevasti mukana pienteollisuutta. Yleensä kuitenkin tilastossa ovat olleet mukana teollisuuslaitokset, joissa on enemmän kuin 5–10 työntekijää. (SVT XVIII A 1909–1985). Vaikka teollisuustilastosta puuttuu valtaosa veneveistämöistä ja -telakoista, ulottuu tilaston juuret kui-

tenkin kauas historiaan. Teollisuustilastoista saakin yleispiirteisen kuvan suhdan-  
neherkän veneilyalan kehittymisestä Suomessa (kuva 6).

Pienikokoiset veneveistämöt ja -telakat ovat kuuluneet sen sijaan vuosina 1913, 1923 ja 1934 kerättyjen käsityötilastojen piiriin. Käsityötilastossa ovat mukana "kaikki sellaiset teollisen toiminnan piiriin luettavat työpaikat ja ammatinharjoittajat, joista ei saada tietoja varsinaista joka vuosi laadittavaa teollisuustilastoa varten." Sivuumattamina varsinaisen elinkeinon ohessa harjoitettu käsi- tai pienteollisuus ei ole mukana tilastossa. Suurin osa, eli 52–58 % käsityötilastoissa esiintyneistä veneveistämöistä on ollut yhden työntekijän veistämöitä. Veistämöitä, joissa oli enemmän kuin yksi työntekijä oli vuonna 1913 vain yhdeksän, mutta vuonna 1923 niitä oli jo 36 ja vuonna 1934 43. Kaiken kaikkiaan veneveistämöitä oli vuonna 1913 19 ja vuosina 1923 ja 1934 veistämöitä oli Suomessa 87–89 (kuva 6). (SVT XVIII B 1913–1934).

Venealan keskusliitto Finnboat ry perustettiin vuonna 1946 nimellä Suomen veneveistämöyhdistys. Veneveistämöyhdistykseen on kuulunut vaihteleva määrä veneenveistäjiä ja venetelakoitsijoita sekä myöhemmin myös muita veneilyalan yrityksiä. Nykyisin Finnboat ry:hyn kuuluu neljä jäsenyhdistystä, joista venetelakoitsijat kuuluvat Venealan telakka- ja korjaamoyhdistykseen. Venealan telakka- ja korjaamoyhdistys on perustettu vuonna 2000 ja vuonna 2007 siihen kuului 32 jäsenyritystä (Finnboat ry 2007). Kaikki venetelakkayrittäjät eivät kuitenkaan kuulu Venealan Keskusliittoon. Tällaisia järjestäytymättömiä telakkayrittäjiä arvioidaan Suomessa olevan tällä hetkellä noin 100–150 (Penttinen & Kauppila 2001). Kuvassa 6 on koottu eri tilastoissa esiintyneiden veistämöiden ja telakoiden lukumäärät Suomessa vuosina 1909–1985. Kuten kuvasta 6 näkyy, noudattelee Venealan Keskusliitto Finnboat ry:n jäsenrekisterissä esiintyneiden toimijoiden lukumäärä teollisuustilastoissa esiintyneiden laitosten määrää.

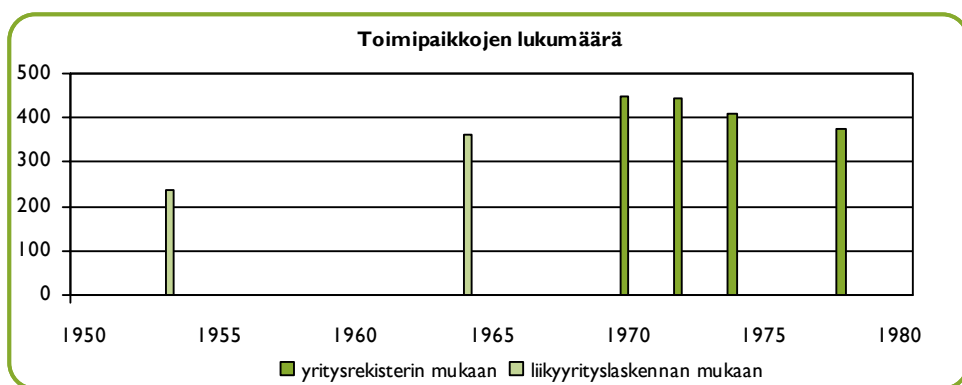


Kuva 6. Eri tietolähteistä (teollisuustilastot, käsityötilastot, Venealan keskusliiton jäsenrekisteri) koottuja tietoja veistämöiden ja telakoiden lukumäärästä Suomessa vuosina 1909–1985 (SVT XVIII A 1909–1985; SVT XVII B 1913–1934; Finnboat ry 1946–1985; Mickelsson-Ouru 2007).

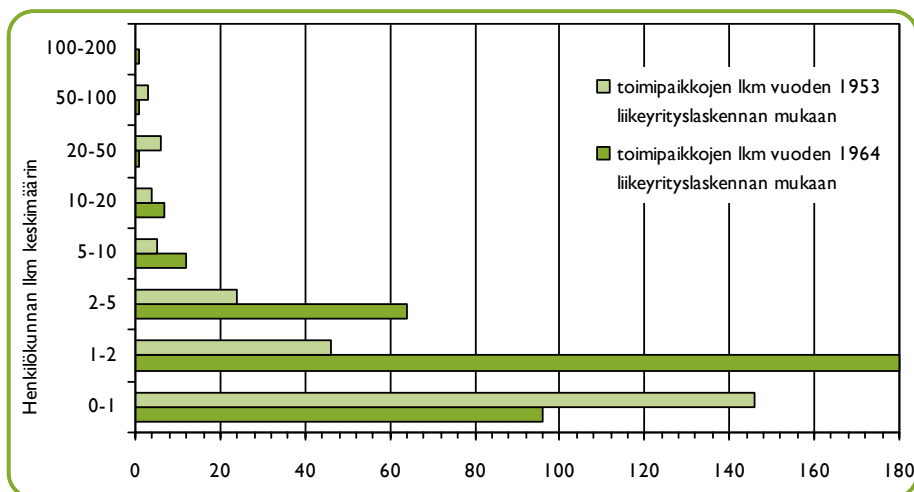
Luotettavimman kuvan veneveistämöiden ja -telakoiden lukumäärästä saa yritysrekisterin tiedoista. Yritysrekisteri sisältää tietoa liikevaihtoverovelvollisista yrityksistä. Varsinaista yritysrekisteriä on kerätty kuitenkin vasta vuodesta 1968 lähtien, jota ennen suoritettiin kahteen otteeseen liikeyrityslaskenta. Ensimmäinen liikeyrityslaskenta suoritettiin Suomessa vuonna 1953. Liikeyrityslaskennassa olivat mukana kaikki itsenäiset elinkeinon, liikkeen ja ammatinharjoittajat lukuun ottamatta maa- ja metsätalouden tai kalastuksen harjoittajia. Tilaston mukaan toimialalla *puulaiva- ja veneveistämöt* olevilla yrityksillä oli tuolloin toimipaikkoja yhteensä 236 (kuva 7). Veistämöistä ja telakoista suurin osa oli kooltaan pieniä: 62 %:ssa oli vuoden aikana keskimäärin 0–1 työntekijää (kuva 8). Toimipaikkoja, joissa työntekijöitä oli keskimäärin enemmän kuin yksi oli yhteensä 88. (SVT XXXV



1953–1964). Seuraavan kerran yritysten lukumääriä tilastoitiin vuonna 1964, jolloin toimialalla puulaiva- ja veneveistämöt oli toimipaikkoja 362, joka siis on + 53 %:a vuoteen 1953 nähden. Veistämöt olivat myös keskimäärin suurempia, sillä 73 %:ssa (266 toimipaikkaa) oli työntekijöitä enemmän kuin yksi (kuva 8). (SVT XXXV 1953–1964). Yritysrekisteriä alettiin ylläpitää vuodesta 1968 lähtien. Aluksi tietoja kerättiin joka toinen vuosi ja myöhemmin vuosittain. Vuonna 1970 yritysrekisterissä oli toimialalla *puulaiva- ja veneveistämöt* yhteensä 448 toimipaikkaa eli + 24 %:a lisäystä vuoteen 1964 nähden (kuva 7). Vuosi 1970 oli veneveistämöiden ja venetelakoiden huippuvuosi, jonka jälkeen veneveistämöiden ja -telakoiden lukumäärä alkoi tasaisesti laskea. Vuonna 1978 veneveistämöillä ja venetelakoilla oli toimipaikkoja Suomessa enää 373, eli 17 % vähemmän huippuvuoteen 1970 verrattuna. (YR 1970–1978). Vuonna 2006 toimialalla vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus (TOL2002, ks. liite 2) oli toimipaikkoja 458, jolloin lisäystä vuoteen 1978 nähden oli siis + 23 %:a (StatFin 2007).



Kuva 7. Liikkeyrityslaskennoissa (vuodet 1953 ja 1964) ja yritysrekisterissä esiintyvien veneveistämöiden ja venetelakoiden lukumäärät Suomessa vuosina 1953, 1964, 1970, 1972, 1974 ja 1978 (SVT XXXV 1964–1963; YR 1970–1978).



Kuva 8. Toimialalla puulaiva- ja veneveistämöt olevien yritysten toimipaikkojen lukumäärä Suomessa vuosina 1953 ja 1964 henkilökunnan keskimääräisen lukumäärän mukaan (SVT XXXV 1953–1964).

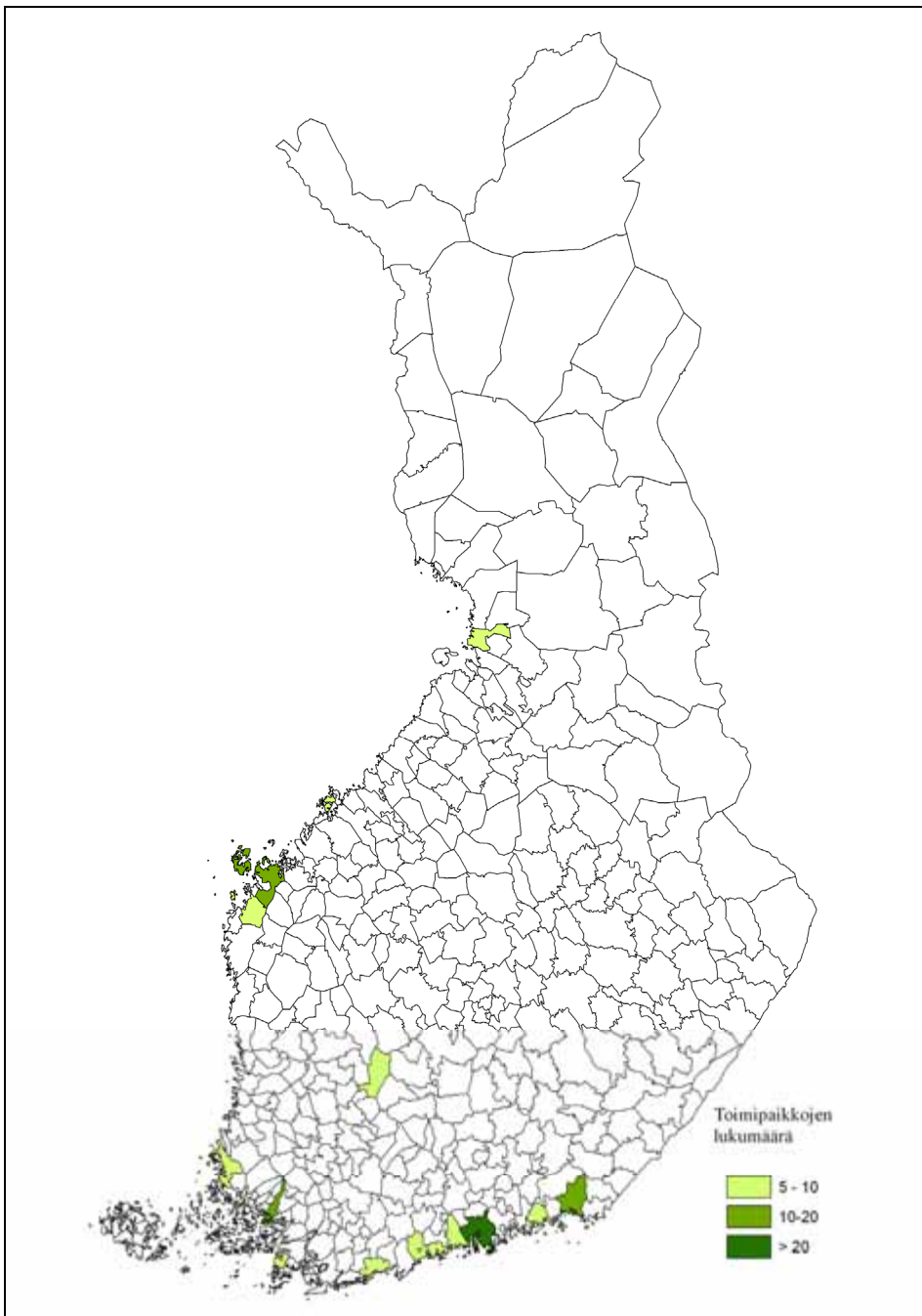
### 2.3.2 Venetelakoiden ja veneveistämöiden sijainti

Venetelakoiden ja -veistämöiden sijainnista saa tietoa edellä kuvattujen arkistolähteiden lisäksi vanhoista veneilylehdistä, Suomen talouselämän hakemistoista (Sininen kirja) sekä internetin yrityshakupalveluista (esimerkiksi [www.yritysopas.fi](http://www.yritysopas.fi), [www.yritystele.fi](http://www.yritystele.fi), [www.suomenyritykset.fi](http://www.suomenyritykset.fi), [www.inoa.fi](http://www.inoa.fi)). Maaseudulla sijaitsevien venetelakoiden ja -veistämöiden tarkka sijainti voi kuitenkin olla ilman paikallisilta asukkailta tai kunnan viranomaisilta saatuja tietoja hankala selvittää, sillä usein arkistolähteissä, veneilylehdissä ja puhelinluetteloissa on osoitteeksi mainittu pelkkä kylän nimi.

Venetelakat ja -veistämöt ovat sijoittuneet luonnollisesti suurten vesistöjen äärelle. Veistämötoiminta ei kuitenkaan ole jakaantunut tasaisesti Suomen rannikolle, vaan eräiden kuntien alueille on perinteisesti keskittynyt erityisen runsaasti veistämötoimintaa. Kuvan 9 kartassa on esitetty kunnat, joiden alueella on vuonna 1970 yritysrekisterin mukaan ollut veneveistämöitä tai -telakoita (YR 1970–1978). Eniten toimipaikkoja oli tuolloin Porvoon alueella: yhteensä 36 veneveistämöä tai -telakkaa. Muita kuntia, joiden alueella toimipaikkoja oli viisi tai enemmän, olivat: Vehkalahti (18 kpl), Turku (14 kpl), Mustasaari (12 kpl), Helsinki (8 kpl), Espoo (7 kpl), Inkoo (6 kpl), Luoto (6 kpl), Maalahti (6 kpl), Sipoo (5 kpl), Dragsfjärd (5 kpl), Haukipudas (5 kpl), Pyhtää (5 kpl) ja Tampere (5 kpl). (YR 1970–1978).

Porvoon alueella tehdyn venetelakoiden ja veneveistämöiden kartoituksen perusteella, Porvoossa on toiminut 52 veistämöä tai telakkaa. Lisäksi käytössä on tällä hetkellä kuusi veneiden talvisäilytysaluetta. Veistämöistä ja telakoista valtaosa on pieniä yhden hengen veistämöitä ja osa on toiminut vain muutaman vuoden ajan. Kohteista lähes 70 % sijaitsee Porvoossa Kräkön tai Pellingin seudulla. Loput kohteista sijaitsevat Emäsalon, Pörtön, Hamarin tai Porvoon keskustan läheisyydessä. Yhteensä 38 kohteen sijainti selvitettiin tarkemmin. Kartoituskeinoina olivat edellä kuvattujen kirjallisuus- ja arkistolähteiden sekä internetin lisäksi maastokäynnit, sekä paikallisilta asukkailta ja kunnan viranomaisilta saadut tiedot.





Kuva 9. Venetelakoiden ja -veistämöiden sijainti Suomessa kunnittain vuonna 1970 (YR 1970–1978)  
(© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/08 ja © Uudenmaan ympäristökeskus).

## 3 Venetelakkatoiminta ja ympäristö

### 3.1 Ympäristöä kuormittava toiminta

Huviveneilyn yleistymisen myötä 1960- ja 1970-luvuilla alkoivat veneilijät yhä enemmän tarvita kaupallisten venetelakoiden tarjoamia palveluja. Venetelakoiden toiminta koostuu erikokoisten veneiden ja niiden moottoreiden korjaus- ja huoltotöistä sekä veneiden telakointipalveluista. Venetelakoilla kiireisintä aikaa ovat syksy ja kevät, jolloin aluksille tehdään kausiluonteisia huoltotoimenpiteitä. Veneilykauden aikana sen sijaan korjataan aluksille kauden aikana sattuneita pintavaurioita (karille ajot, myrskyt, törmäykset, moottorivauriot). Talven aikana aluksille tehdään laajempia ja aikaa vieviä muutos- tai korjaustöitä sekä huolehditaan talvehtivien alusten kunnosta. (Kosunen 2007).

Veneille tehtävät syys- ja kevätkunnostukset pitävät sisällään aluksen kunnosta riippuen vaihtelevan määrän toimenpiteitä. Syyskunnostus suoritetaan syksyllä veneilykauden päättyessä ja sen tarkoituksena on valmistaa alus talvea varten, sekä helpottaa keväällä tehtävää varsinaista kunnostusta. Syyskunnostukseen kuuluvia toimenpiteitä ovat: aluksen nosto maihin, aluksen pesu veneilykauden aikana kertyneestä liasta, aluksen siirtäminen telakointipaikalle, moottorin huolto sekä mahdollisten pintakäsittelyssä ilmenneiden vauriokohtien auki hiominen. Aluksen pesu suoritetaan yleensä alusten nostoon tarkoitettulla alueella ja muut toimenpiteet tehdään aluksen telakointipaikalla. Kun syyskunnostukseen liittyvät toimenpiteet on suoritettu, vene peitetään pressulla ja sen annetaan talvehtia aluksesta riippuen joko ulko- tai sisätiloissa. Puuveneitä säilytettiin perinteisesti maalattiapohjaisissa venevajoissa, sillä puu vaatii säilykseen tietyn kosteuspiitoisuuden. Nykyaikaiset hyvin varustetut huviveneet sen sijaan voivat vaatia talvikauden ajaksi lämmitetyn ja kuivan tilan, jotta veneen sisätilat eivät pääse homehtumaan. Tavalliset lujitemuovi- ja metalliveneet voi sen sijaan säilyttää myös ulkona. Talvisäilytyskäytössä on usein koko venetelakan alue.

Keväällä ennen veneilykauden alkua veneille tehdään kevätkunnostus. Keväiset huoltotoimenpiteet voidaan aloittaa säästä riippuen helmi- tai maaliskuussa. Kevätkunnostus pitää sisällään seuraavia toimenpiteitä: aluksen pesun talven aikana kertyneestä liasta, rungon huolto- tai uudiskäsittelyn, moottorin kunnostuksen, vedenalaisen rungon suojaamisen ja aluksen vesillelaskun. Kevätkunnostus suoritetaan yleensä aluksen talvitelakointipaikalla.

Seuraavissa kappaleissa esitellään sellaiset venetelakkatoimintaan kuuluvat toimenpiteet, joiden yhteydessä voi tapahtua kemikaalipäästöjä ja siten ympäristön pilaantumista kemikaalituotteista ja niiden sisältämistä haitta-aineista.

#### **Huolto- ja uudispintakäsittely sekä aluksen rungon hiominen**

Huviveneen vedenalaisen osan pintakäsittely uusitaan kokonaan keskimäärin kymmenen vuoden välein (pinnan uudiskäsittely). Tällöin sen rungosta poistetaan kaikki vanhat maalikerrokset, joko käsin hankaamalla eli *skrabaamalla*, hiomakoneella tai suihkupuhdistusmenetelmällä. Hiomisen yhteydessä poistettavat maalikerrokset voivat koostua useista erityyppistä maalikerroksista: alimpana on epoksipohjainen pohjamaalikerros eli *primer*, joka toimii kosteuden eristäjänä (korroosionesto) ja keskimmaisena kerroksena on tarvittaessa välimaali. Päällimmäisenä on pintamaalikerros eli kiinnittymisenestomaali. (Kosunen 2007). Rungon hiomisen jälkeen pinta puhdistetaan ja se voidaan käsitellä uudelleen. Puuveneiden runko täytyy ennen maalaamista suojata veden vaikutuksilta kyllästämällä se öljypohjaisella tuotteella.

Joka keväisen pinnan huoltokäsittelyn yhteydessä aluksen vedenalainen runko käsitellään antifouling- eli eliöiden kiinnittymisenestomaalilla. Tällöin vanha antifouling-maalikerros yleensä poistetaan, sillä joka vuotuinen maalaaminen johtaisi maalikerroksen paksuuntumisen, joka puolestaan aiheuttaisi maalipinnan lohkeilun levymäisinä kappaleina. Levyinä kesken veneilykauden irtoava kiinnittymisenestomaali, antaisi fouling-lajeille hyvän kasvualustan veneen pohjaan. (Kosunen 2007). Jos vanhat maalikerrokset poistetaan käsin hankaamalla tai hiomakonetta apuna käyttäen, päätyvät nämä ongelmajätettä olevat maalijätteet maaperään käsittelyn kohteena olevan aluksen lähiympäristöön. Nykyaikaisilla venetelakoilla on yleisesti käytössä hiomakoneeseen liitetty imuri, jolloin haitalliset aineet eivät päädy ympäristöön (Kosunen 2007). Hiominen suoritetaan joko ulkona veneen talvisäilytyspaikalla tai sisätiloissa, usein maalattipohjaisessa venehallissa.

Puu- ja teräsveneiden jokakeväiseen huoltokäsittelyyn kuuluu pintakäsittelyn osittainen parantelu. Puuveneiden huoltokäsittelyssä kuluneet maalipinnat hiotaan auki ja maalataan uudelleen, sekä tarvittaessa puun pinta kyllästetään öljypohjaisella tuotteella. Teräsveneiden huoltokäsittelyssä ruostuneet alueet hiotaan auki ja pinta käsitellään uudelleen. Lujitemuoviveneiden keväiseen huoltokäsittelyyn kuuluu puolestaan joka vuotuinen vahaaminen, jolloin veneen runko säilyy puhtaana pidempään. (Kosunen 2007).

Suihkupuhdistusmenetelmä kehitettiin 1960-luvulla helpottamaan laajojen alueiden pintakäsittelyä (Holger 1999). Aluksi puhdistusväliaineena oli hiekka, jolloin menetelmää kutsuttiin hiekkapuhaltamiseksi. Myöhemmin puhdistusväliaineena on käytetty myös muun muassa vesipitoista hiekkaa (märkähiekkapuhallus), jolloin hiekka ei leviä yhtä kauas kuin kuiva hiekka. Hiekkana voidaan käyttää joko puhdasta hiekkaa, tai nikkelikuonajätteestä valmistettua tuotteistettua puhallushiekkaa, joka voi sisältää huomattavan korkeita metallipitoisuuksia (Penttinen & Kauppila 2001).

Hiekkapuhallus ei sovellu puu- eikä lujitemuovista valmistetuille veneille, joten menetelmä on pääasiassa käytössä laivatelakoilla. Hiekkapuhallusta käytetään vanhojen maalikerrosten ja ruosteen poistamiseen veneen rungosta ja aluksen kölistä, joka yleensä on valmistettu raudasta tai lyijystä. (Krause 2007). Hiekkapuhalluksessa käytettävä hiekka ja maalijätteet sen mukana, leviävät ilman asianmukaista suojaamista ympäristöön. Hiekkapuhaltamisessa syntynyttä haitta-aineista pilaantunutta hiekkaa on myös käytetty joillakin telakoilla maanrakennusaineena (Hakuli 2000).

### **Veneen pesu**

Vene pestään telakalla syksyllä heti vesiltä noston jälkeen. Veneen vedenalaisesta rungosta poistetaan siihen kiinnittyneet eliöt eli fouling-eliöstö sekä muu veneilykauden aikana kertynyt lika. Vene pestään yleensä veneen nostopaikalla vesistön äärellä joko käsin tai painepesurilla. (Krause 2007). Painepesurit kehitettiin 1970-luvun alkupuolella ja niiden käyttö venetelakoilla yleistyi 1970-luvun puolivaiheilla (Kivi 2007). Painepesuria käytettäessä voi pesun yhteydessä aluksen rungosta irrota uloimpana olevaa kiinnittymisenestomaalikerrosta, etenkin jos kyseessä on puuveneiden ja hitaasti kulkevien veneiden maalaamisessa käytetty niin kutsuttu pehmeä antifouling-maali (Eloheimo 1992). Veneen pesussa voidaan myös käyttää erityyppisiä pesuaineita, joko mietoja tai voimakkaita. Myös liuotinpohjaisia pesuaineita on käytetty pinttyneimpien likatahrojen poistossa. (Brandt & Karlsson 1993; SFT 2006). Veneen pesuvedet kulkeutuvat maaperään ja vesistöön ja vain harvoilla nykyaikaisillakaan venetelakoilla pesuvedet kerätään talteen.

### **Moottorin huoltotoimenpiteet**

Venemoottoreiden huoltotöiden yhteydessä voi maaperään ja vesistöön päästä jäähdytinnesteitä, voiteluaineita ja muita öljytuotteita. Venemoottorit täytetään talven ajaksi jäähdytinnesteellä korroosio- ja jäätymisvaurioiden estämiseksi. Keväällä jäähdytinneste päättyy yleensä joko maaperään tai vesistöön riippuen siitä, missä moottori ensimmäisen kerran käynnistetään (Penttinen & Kauppila 2001). Moottorin hoitotoimenpiteiden yhteydessä voi maaperään päästä myös öljyroiskeita.

### **Jätehuolto**

Jätehuolto eli jätteiden keräily, kuljetus, vastaanotto sekä varastointi tai muu käsittely alkoi kehittyä Suomessa 1980-luvulla jätehuoltolain (JHL 673/1978) myötä. Tätä ennen on venetelakoilla jätteen käsittely ollut toiminnanharjoittajasta riippuvaa ja siksi tasoltaan vaihtelevaa. Ongelmajäte on jätelain (JL 1072/1993) mukaan jätettä, joka kemiallisen tai muun ominaisuutensa vuoksi voi aiheuttaa erityistä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Venetelakkatoiminnassa syntyviä, ongelmajätteeksi luokiteltavia jätteitä ovat (Pidä saaristo siistinä ry 2002; 2004):

- maali- ja liuotinjätteet, mukaan lukien jäähdytinnesteet
- maalin hiontapöly
- puunsuoja- ja kyllästysaineet
- kovettumattomat liimat, hartsit, lateksit, muovien pehmittimet sekä polyuretaani- ja silikonijätteet
- käytetyt maaliastiat, pensselit, liinat ja rätit, joissa on maali- tai liuotinrippeitä
- öljyjätteet, kuten moottori- tai voiteluöljyt, pilssiin valuneet öljyt ja öljysuodattimet
- akut
- muut ongelmajätteet, kuten elohopeaa sisältävät paristot.

Erityisesti aluksen vedenalaisen rungon joka vuotuisessa hiomisessa syntynyt maalijäte, on ajan kuluessa voinut kertyä venetelakkakiinteistön alueelle. Maalatiapohjaisissa venevajoissa vajan pohjalle kertynyttä hiomajätettä on saatettu kasa- ta esimerkiksi vajan lähiympäristöön, kuten rakennusten ulkoseinustoille. Toiminnassa syntyvää jätettä, kuten hiekkapuhaltamishiekkaa ja maalitölkkejä tai -tynnyreitä, on voitu myös käyttää maanrakennusaineena kiinteistön alueella. Huolimattoman jätteenkäsittelyn seurauksena ympäristöön on voinut päätyä myös akkuja ja paristoja.

### **Muut mahdolliset päästölähteet**

Veneen vedenalaisen osan niin kutsuttu myrkkymaalaaminen eli suojaaminen kiinnittymisenestomaalilla tehdään keväthuollon yhteydessä. Maalaamisen yhteydessä voi maaperään päästä maaliroiskeita. Usein niin kutsuttu myrkkymaalaus on ollut tapana suorittaa juuri ennen vesillelaskua maalipinnan tehokkuuden säilymisen vuoksi. Eräät etenkin 1950–1970-luvulla käytössä olleet antifouling-maalit (ns. kova antifouling-maalityyppi) sisälsivät korkeita tehoainepitoisuuksia, ja tehoainetta vapautui eniten heti vesillelaskun jälkeen. (Yebra et al. 2004). Vesillelaskun yhteydessä on veistämöiden ja telakoiden rantasedimentti voinut pilaantua kiinnittymisenestomaalin sisältämistä haitta-aineista.

Veneiden pilssiin kertyy veden lisäksi muun muassa voiteluöljyä tai polttoainetta. Puuveneiden pilssitila on perinteisesti suojattu veden vaikutuksilta lyijymönjamaalilla. Kun vene nostetaan telakalla maihin, tyhjennetään sen pilssivesi yleensä telakointipaikalla. Aikaisemmin ei pilssivettä ole kerätty erikseen talteen, vaan vesi haitta-aineineen on päätynyt maaperään (Krause 2007).

## 3.2 Venetelakoilla käytetyt kemikaalituotteet

### 3.2.1 Pintakäsittelyaineet

Veneiden ja laivojen kunnossapidossa käytetään samoja kemikaalituotteita, erona lähinnä kemikaalien käyttömäärät ja -tavat. Laivatelakoilla on useammin käytössä suihkupuhdistusmenetelmä ja ruiskumaalaaminen. Veneiden talvisäilytysalueilla veneilijät käyttävät pitkälti samoja kemikaalituotteita kuin telakoilla. Aluksen pintakäsittelyllä tarkoitetaan sen vedenpäällisten ja vedenalaisten osien suojaamista ympäristön aiheuttamalta kuormitukselta. Fysikaalisen ja kemiallisen rasituksen lisäksi aluksen vedenalaisiin osiin kohdistuu biologinen rasitus, jota aiheuttavat alukseen runkoon kiinnittyvät eliöt eli fouling-ilmio.

#### Fouling-ilmio

Fouling-ilmioillä tarkoitetaan aluksen vedenalaisen pinnan biologista likaantumista aluksen runkoon kiinnittyvistä eliöistä. Fouling-ilmion voimakkuuteen vaikuttaa alustan laadun lisäksi ympäristöolosuhteet, kuten veden suolapitoisuus, lämpötila, pH sekä veden virtaamisnopeus. (WHOI 1952; Yebra et al. 2004). Biologinen likaantuminen alkaa valtameriolosuhteissa veteen liuenneiden suolojen ja orgaanisten molekyyliden kerrostumisena pinnalle (*engl. conditioning film*). Seuraavissa vaiheissa vedenalaiseen pintaan kertyy bakteereita, alkueläimiä, sienia ja piileviä (mikrofouling eli limoittuminen, mikrobien muodostama biofilmi). Loppuvaiheessa pinnoille kiinnittyy suurikokoisten eliöiden makrofouling-eliöiden toukkia. (Laihonen et al. 1985; Yebra et al. 2004).

Vedenalaiset pinnat peittyvät fouling-eliöistä, sillä pintaan kiinnittyminen antaa eliöille paremman suojan saalistajilta, ympäristömyrkyiltä, ympäristömuutoksilta ja helpottaa eliöiden ravinnon- ja energiansaantia. (Yebra et al. 2004). Suomen rannikolla fouling-haittoja esiintyy Helsingistä Olkiluodon alueelle ulottuvalla vyöhykkeellä, jossa veden suolapitoisuus vaihtelee välillä 6,0–6,5 ‰. Vähäisemmässä määrin haittoja esiintyy vähäsuolaisemmilla alueilla Olkiluodosta Vaasan seudulle sekä Helsinki–Loviisa välillä. Fouling-haittoja ei esiinny lainkaan tai vain hyvin lievästi alueella, joka ulottuu Vaasasta pohjoiseen sekä Loviisasta itään (suolapitoisuus alle 4,0 ‰). Itämeressä eläviä fouling-lajeja ovat muun muassa näkki eli merirokko (*Balanus improvisus*) (kuva 10) ja sinisimpukka (*Mytilus edulis*), jotka kuuluvat niin kutsuttuihin koviin fouling-eliölajeihin. Pehmeitä fouling-lajeja ovat erilaiset kasvit ja levät, kuten runkopolyypeistä murtovesipolyyppi (*Cordylophora caspia*) ja lovénin runkopolyyppi (*Laomedea lovèni*) sekä levärupi (*Electra crustulenta*). (Laihonen et al. 1985).

Aluksen rungon biologinen likaantuminen lisää aluksen kuivatelakoinnin tarvetta ja rungon puhdistaminen puolestaan kuormittaa ympäristöä. Fouling-ilmio heikentää runkoa suojaavaa pintakäsittelyä ja voi aiheuttaa runkoon korroosiovaurioita tai maalipinnan värin haalistumista. Fouling-eliöt lisäävät aluksen veteen kohdistamaa kitkaa ja hidastavat siten aluksen kulkunopeutta ja lisäävät sen polttoaineen kulutusta. Alukseen kiinnittyneet eliöt voivat myös kulkeutua ympäristöihin, joissa niitä ei aiemmin ole tavattu. Tulokas- eli vieraslajit voivat aiheuttaa uudessa ympäristössä ekologista tai taloudellista haittaa. (Yebra et al. 2004).



Kuva 10. Merirokko (*Balanus improvisus*) kiinnittyneenä veneen pohjaan (Kuva: Karin Strandfager).

Veneilyssä fouling-ilmiön torjuntaan käytetään kiinnittymisenestomaaleja eli antifouling-maaleja (engl. *antifouling paints, AFPs*). Antifouling-maalien teho perustuu siihen, että maalipinnasta vapautuu koko ajan pieniä määriä eliöille myrkyllistä tehoainetta eli biosidiä, joka estää fouling-eliöiden kiinnittymisen aluksen pintaan (Hoch 2001). Maailman vesistöissä elää yli 4 000 eri fouling-ilmiötä aiheuttavaa lajia, ja siksi tehokkaalta biosidiltä vaaditaan paljon: sen tehon tulee kohdistua erityyppisiin ja useisiin lajeihin ja biosidin tehon tulee säilyä ajan kuluessa. Biosidin tulee myös deaktivoitua pian maalikalvosta vapautumisensa jälkeen eli sen luontainen hajoaminen on oltava nopeaa tai sen biosaatavuus hyvin alhaista. (CAEP 2007).

### Antifouling-valmisteet ennen 1900-lukua

Alusten suojaaminen eli pinnan käsittely on vanhaa perua. Puualusten pinnat käsiteltiin luonnosta saatavilla aineilla, kuten tervalla, piellä, pihkalla, vahalla, talilla tai öljyillä. Sekaan sekoitettiin jo 400-luvulla e.a.a. ainakin arseenia ja rikkiä parantamaan pintakäsittelyä. Jo varhain alusten vedenalaisia osia suojattiin fouling-ilmiöltä ja erityisesti laivamadoksi kutsutulta simpukka-lajilta (*Teredo Navalis*), päällystämällä runko sementillä tai metallista valmistetuilla ohuilla levyillä. Laivamato ei siedä vähäsuolaista vettä, joten sitä ei esiinny Itämeren altaassa. Lyijyä on käytetty alusten päällystämiseen ainakin jo 300-luvulla e.a.a. Myös kuparilevyjä käytettiin varhain, mutta ne korvasivat lyijyn käytön vasta 1700-luvulla. Samaan aikaan alusten runkoja suojattiin edelleen myös tervatulla tai pietyllä puuainekselä, johon oli hakattu vieri viereen kupari- tai rautanauvoja antamaan aluksen rungolle eräänlaisen metallisen suojan. Kuparilevyjen käytöstä jouduttiin luopumaan siirryttäessä raudasta valmistettuihin laivoihin, sillä kuparilevyjä ei voitu kiinnittää suoraan rauta-aluksen runkoon korroosioaurioiden vuoksi. 1800-luvulla alkoi kiivas antifouling- ja korroosionestomaalien kehittäminen, sillä fouling-haitat korostuivat entisestään hidastaessaan höyryllä kulkevien alusten kulkunopeutta sekä lisätessä niiden polttoaineen kulutusta. (WHOI 1952).

Rautalaivojen yleistymisen myötä 1800-alkupuolella oli käytössä jo lukuisia erityyppisiä antifouling-valmisteita. Ensimmäisten antifouling-maalien teho oli kuitenkin usein varsin huono ja käsittely saattoi jopa houkutella fouling-eliöitä

puoleensa. Aluksi antifouling-maalien ongelmana oli, että tehoaine liukeni tai kului maalipinnasta liian nopeasti pois. Tuolloin tehoaineina käytettiin arseenin lisäksi kuparia. 1860-luvulla kehiteltiin useita antifouling-maalityyppejä. Eräässä maalityypissä tehoaineena oli kuparisulfaatti, ja maali levitettiin kuumana nopeasti kuivuvan hartsipohjaisen alusmaalin eli *primerin* päälle. Muissa antifouling-maalityypeissä sideaineena käytettiin tervaa, raakaa pellavaöljyä tai sellakkaa (ks. liite 1), liuottimen ollessa tärpähti, nafta tai bentseeni. Tehoaineina oli useimmiten kuparioksidi, elohopean oksidi tai arseeni, mutta myös lyijyä, sinkkiä, antimonia, rautaa, tinaa ja hopeaa käytettiin. Myös kivihiilitervaa on käytetty fouling-ilmion torjunnassa. 1900-luvun alkuun saakka yleisin antifouling-valmiste oli kuumana levitettävä maalityyppi (*engl. hot plastic paint type*), jonka sideaineena oli jokin öljy. (WHOI 1952).

Raudasta valmistetut alukset täytyi fouling-ilmion lisäksi suojata myös korroosiolta. Lyijymönjää on käytetty korroosionestossa ainakin 1800-luvulta lähtien. Lyijymönjä koostuu lyijyoksidista ( $Pb_3O_4$ ) ja sitä valmistetaan kuumentamalla lyijyvalkoista [ $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ ], joka puolestaan on vanhin maaleissa käytetty pigmentti. Lyijymönjä on ollut jauhemaista ja sitä on sekoitettu esimerkiksi keitettyyn pellavaöljyyn eli vernissaan. (Lokrantz 2006).

### Antifouling-maalit 1900-luvun alkupuolella

Vasta 1900-luvun alkupuolella alettiin kiinnittää tarkempaa huomiota maalin koostumukseen. Kun huomattiin että maalituotteen antifouling-tehokkuus perustui tehoaineen liukenemisnopeuteen, alettiin antifouling-maalien kehittämisessä kiinnittää huomiota juuri tähän. 1900-luvun alkupuolella antifouling-maalien epäorgaanisiksi tehoaineiksi oli vakiintunut kupari ja elohopea. 1940-luvulla tehdyissä tutkimuksissa havaittiin myös eräiden orgaanisten yhdisteiden, kuten DDT:n (diklooridifenyli-trikloorietaani), arseeni- ja ditiokarbamaattiyhdisteiden sekä pentakloorifenolin olevan tehokkaita antifouling-aineita. Useimpien orgaanisten yhdisteiden osoitettiin kuitenkin olevan liian spesifisiä antifouling-teholtaan ja siksi esimerkiksi DDT:n käyttö ei yleistynyt. (WHOI 1952). Myös polykloorattuja bifenyylejä eli PCB-yhdisteitä on käytetty erityyppisissä maalituotteissa. PCB-yhdisteitä on käytetty etenkin korroosionestomaaleissa, maalien pehmittimenä sekä parantamaan niiden tarttuvuutta. Suomessa PCB-yhdisteitä on lisätty kloorikautsu-, syklokautsu- ja vinyylimaaaleihin parantamaan niiden tarttuvuutta, kestävyyttä ja joustavuutta sekä kosteudenkesto-ominaisuuksia. Laivamaalit ovat voineet sisältää jopa 30 % PCB:tä. (Pitkänen 2007; Tuhkanen et al. 2007).

1900-luvun alkupuolella kehitettiin useita erityyppisiä sideaineita maaleihin. Tätä ennen maalituotteet olivat olleet yleensä öljypohjaisia ja ne kovettuivat kemiallisesti sideaineen hapettumisen kautta. 1900-luvun alkuvuosikymmeninä kehitettiin maalityyppi, joka kuivui fysikaalisesti liuottimen haihtumisen kautta. Näiden uuden tyyppisten maalien antifouling-teho säilyi jopa 18 kuukautta. (WHOI 1952; Kallioinen et al. 1990).

### Antifouling-maalit 1950-luvulta nykypäivään

1950–1970-luvuilla kehitetyt antifouling-maalityypit ovat edelleenkin käytössä. Maalityypit jaetaan kahteen pääryhmään tehoaineen vapautumistavan mukaan: perinteisiin eli niin kutsuttuihin vapaasti liukeneviin maaleihin (*engl. free association paint, FAP*) sekä itsekiillottuviin maaleihin (*engl. self-polishing copolymer paints, SPCP*). Perinteisiin antifouling-maaleihin kuuluvat niin kutsutut pehmeät ja kovat antifouling-maalit. Maalityypin valintaan vaikuttavaa veneen valmistusmateriaalin (puu, lujitemuovi, alumiini, teräs) lisäksi veneen nopeus, käyttömäärä sekä käyttöalue (Eloheimo 1992).

Pehmeä antifouling-maalityyppi (*engl. soluble matrix paint*) kehitettiin 1950-luvun alussa ja tehoaineina on käytetty etenkin kuparia, arseenia, sinkkiä ja elohopeaa (Almeida et al. 2007; Yebra et al. 2004). Pehmeän maalityypin sideaine liukenee osittain veteen, ja siksi maalikalvon kestoikä on melko lyhyt eli noin 12–15 kuukautta. Tehoainetta, joka on sekoitettu mekaanisesti sideaineeseen, vapautuu tasaisesti meriveden liuottaessa sideainetta. (Holger 1999). Pehmeän maalin kuluksen kestävyys on huono ja staattisissa oloissa niiden antifouling-teho on heikentynyt. Pehmeällä antifouling-maalilla maalatut alukset on laskettava vesille pian maalaamisen jälkeen, jotta maalin sideaine ei pääse reagoimaan ilman hapen kanssa. (Almeida et al. 2007, Yebra et al. 2004). Pehmeät maalit ovat elastisia ja siksi niitä käytetään pääasiassa puuveneiden maalaamisessa (Eloheimo 1992).

Kova antifouling-maalityyppi (*engl. insoluble matrix paint/contact paint/continuous contact paint type*) kehitettiin 1950-luvun alussa. Kovan antifouling-maalityypin sideaine on veteen liukenematon polymeeriyhdiste, kuten akryyli, vinyyli tai epoksi. Tehoaineet, useimmiten kupari ja sinkki, on sekoitettu sideaineeseen mekaanisesti ja ne vapautuvat maalikalvon pinnasta veden huuhtoessa maalikalvon pintaa. Tehoainetta on oltava maalikalvossa runsaasti ( $\text{Cu}_2\text{O}$ : > 30–40 %,  $\text{Cu}^{2+}$ : 20–25 %), jotta vesi pääsee huuhtomaan liukenevia tehoainepartikkeleita yhä syvemmältä maalikalvosta. Tehoaineiden huuhtoutuessa pois maalikalvoon muodostuu huokosia, jotka ajan myötä tukkiutuvat veteen liukenemattomista yhdisteistä. Lopulta tehoainetta ei enää pääse vapautumaan. Kovan antifouling-maalityypin käyttöikä on pidempi kuin pehmeän tyypin, maalikerroksen paksuudesta riippuen noin 12–24 kk. Kovat antifouling-maalit kestävät hyvin veden aiheuttamaa eroosiota ja siksi ne soveltuvat hyvin nopeasti liikkuvien veneiden sekä joustamattoman materiaalin, kuten metallin maalaamiseen. (WHOI 1952; Eloheimo 1992; Almeida et al. 2007).

Itsekiillottuvat kopolymeerimaalit (*engl. self polishing copolymer paints, SPCP*) kehitettiin 1970-luvun alussa, jolloin niiden tehoaineena käytettiin ainoastaan orgaanisia trisubstituoituja tinayhdisteitä, eli tributyyliä (TBT) ja trifenyylitinaa (TPT). Maalissa tehoaine on kemiallisesti sitoutunut kopolymeeriyhdisteestä (akryyli) koostuvaan sideaineeseen. Koska kopolymeeriyhdiste on hydrofobinen, vesi ei pääse tunkeutumaan maalikalvoon vaan se ainoastaan huuhtelee maalikalvon pintaa. Tehoaine on sitoutunut polymeeriyhdisteeseen sidoksella, joka hajoaa veden vaikutuksesta lievästi emäksisissä oloissa, kuten merivedessä, ja siksi tehoainetta vapautuu maalikalvon pinnasta tasaisella, säädeltävissä olevalla nopeudella. Itsekiillottuvilla kopolymeerimaaleilla on monia etuja verrattuna niin kutsuttuihin perinteisiin antifouling-maaleihin: niiden eliöiden kiinnittymistä estävä vaikutus säilyy vaikka vene seisoi paikoillaan, uusi maalikerros voidaan maalata pinnan pesemisen jälkeen suoraan vanhan maalikerroksen päälle, kesto aika on jopa 3–5 vuotta, kuivumisaika on lyhyt ja maalikalvon mekaaninen kestävyys hyvä. (Yebra et al. 2004).

### 3.2.2 Öljytuotteet ja liuottimet

Moottorikäyttöiset veneet alkoivat yleistyä Suomessa 1900-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä (Hillo 1995). Aluksi moottoreiden polttoaineena käytettiin petroolia (moottoripetroli). Kun veneissä sotien jälkeen otettiin käyttöön automoottorit, alettiin polttoaineena käyttää petrolin lisäksi myös moottoribensiiniä. Petrolin käyttö vähentyi myöhemmin veroteknisistä syistä ja sen käytön syrjäyttivät bensiini ja kevyt polttoöljy. (Aatelo 1995). Polttoaineen lisäksi veneilyssä käytetään muitakin öljytuotteita, kuten voiteluöljyjä moottorin hoidossa.

Öljytuotteet koostuvat vaihtelevasta määrästä hiilivetyjä ja ne voidaan ryhmitellä tislautumislämpötilan mukaan: poltтокаasuihin, nestekaasuihin, bensiineihin,



liuottimiin, petroleihin, dieselöljyihin, kevyisiin polttoöljyihin, raskaisiin polttoöljyihin sekä bitumituotteisiin. Nestekaasu on propaanin ( $C_3H_8$ ) ja butaanin ( $C_4H_{10}$ ) seos (teollisuuskaasu) tai propaania (kotikaasut). Nestekaasua käytetään muun muassa veneiden valaisemiseen, lämmitykseen ja ruoan valmistukseen. (Ihamuotila 1992). Nestekaasun käyttö yleistyi USA:ssa 1950-luvulla ja Suomessa tätä myöhemmin (Aatelo 1995).

Bensiini koostuu kevyistä ja helposti haihtuvista hiilivedyistä, joiden hiililuku vaihtelee välillä  $C_4$ – $C_{11}$  (Ihamuotila 1992). Hiilivedyistä noin 50 % on parafiineja (mm. n- ja i-pentaanit, -heksaanit ja -heptaanit), noin 30 % aromaatteja (mm. bentseeni, tolueni ja ksyleenit) sekä noin 10 % olefiineja ja noin 5 % nafteeneja (ks. liite 1). Bensiinin puristuskäytävyyden eli oktaaniluvun nostajana käytettiin 1920-luvulta 1990-luvulle saakka orgaanisia lyijy-yhdisteitä (tetraetyylilyijy), joiden osuus bensiinissä oli noin promillen verran. Sitten lyijy on korvattu muilla yhdisteillä, kuten metyyli-tertiääributyylieetterillä (MTBE) ja tertiääriamyyli-tertiääri-lyeetterillä (TAME). Näitä yhdisteitä bensiinissä on alle 12 %. (Ahonen 1997).

Petrolit kuuluvat niin kutsuttuihin keskittisoleihin ja niiden hiililuku vaihtelee välillä  $C_{10}$ – $C_{16}$ . Moottoripetroli (PEM) kuuluu petroleihin ja sitä käytettiin aina 1930-luvulle asti veneiden kuulumoottoreiden eli niin kutsuttujen *puolidieseleiden* polttoaineena. Moottoripetrolin valmistus loppui 1990-luvun puolivälissä sen epäpuhtauden ja alhaisen oktaaniluvun vuoksi. Muita petrolien ryhmään kuuluvia öljytuotteita ovat esimerkiksi valopetroli ja lämmityspetroli. (Kaurala 2002).

Dieselöljyt ja kevyet polttoöljyt kuuluvat myös niin kutsuttuihin keskittisoleihin. Dieselöljyä (hiililuku:  $C_{11}$ – $C_{25}$ ) ja kevyttä polttoöljyä käytetään moottorivenneiden polttoaineena. (Ihamuotila 1992). Diesel- ja kevyt polttoöljyn pääkomponentteja ovat normaali- ja isoparafiinit, nafteenit ja aromaattiset hiilivedyt. Aromaattisia hiilivetyjä on dieselöljyssä alle 20 % ja kevyessä polttoöljyssä alle 30 %. Lisäksi ne sisältävät vähäisessä määrin polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä. (Ahonen 1997). Vuonna 2004 tuli venemoottoreiden käyttöön uusi polttoaine, moottoripolttoöljy, joka korvannee kevyen polttoöljyn käytön, sillä ainoastaan moottoripolttoöljyä on nykyisin tarjolla veneiden tankkausasemilla (Heikkilä et al. 2005). Moottoripolttoöljy on kevyemmin verotettua kuin dieselöljy, ja siinä on rikkiä alle 50 mg/kg (VNa 2003/767).

Raskaisiin öljyjakeisiin kuuluvat raskas polttoöljy, bunkkeriöljy ja bitumeja. Bunkkeriöljyä on käytetty laivojen polttoaineena. Bitumi on raakaöljyn tislauksen raskain jae ja sitä on käytetty muun muassa maaleissa ja kiteissä. (Ihamuotila 1992).

Voiteluöljyjä käytetään alentamaan koneiden ja laitteiden kunnossapito- ja korjauskustannuksia sekä pidentämään niiden käyttöikää. Voiteluaineiden ensisijainen tehtävä on pienentää toisiaan vasten hankaavien, liikkuvien pintojen tai kappaleiden välistä kitkaa ja kulumista. Muita voiteluaineiden tehtäviä ovat esimerkiksi jäähdytys ja tiivistäminen (erityisesti polttomoottoreissa), syöpymisen ja ruostumisen estäminen, epäpuhtauksien sitominen ja tehon siirto. (Ihamuotila 1992). Voiteluöljyt voivat sisältää merkittäviä määriä polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä (Ahonen 1997).

## Liuottimet

Liuottimet eivät ole yhtenäinen kemiallinen aineryhmä, vaan ne usein määritellään esimerkiksi teknisen käyttötarkoituksensa perusteella (Mroueh 1993). Liuottimet voivat olla orgaanisia tai epäorgaanisia, kuten vesi. Orgaaniset liuottimet, joista käytetään termiä liuotteet, ovat yleensä nestemäisiä, helposti haihtuvia yhdisteitä, joilla liuotetaan tai ohennetaan veteen liukenemattomia aineita, kuten rasvoja ja hartseja (Heikkilä et al. 2005).

Maalausvälineiden pesussa ja maalin- ja tahrannoistossa käytettävät liuottimet (pesuliuottimet) ovat tavallisesti maalien ohenteinakin käytettyjä liuottimia (Pent-

تين & Kauppila 2001). Maalituotteiden liuottimina käytetään maalityypistä riip-puen (taulukko 1): aromaattisia hiilivetyjä, hiilivetyseoksia, alkoholeja, estereitä, glykoleja- ja glykolieettereitä, ketoneja ja kloorattuja hiilivetyjä (Mroueh 1993). Liuottimen tehtävä maalissa on sideaineen liuottaminen, maalin viskositeetin sää-täminen sekä maalattavan pinnan kostuttaminen. Lisäksi liuotin edesauttaa maali-kalvon muodostumista virheettömäksi. (Kallioinen et al. 1990). Liuotin haihtuu maalikalvosta levityksen ja kuivumisen aikana. Liuoteohenteisten maalien liuote-pitoisuus vaihtelee tavallisesti välillä 30–60 %, mutta lakoissa liuotetta voi olla jopa 90 %. (Tonteri et al. 1993).

Taulukko 1. Orgaanisten liuottimien luokittelu (muokattu Mroueh 1993 ja Heikkilä et al. 2005 mu-kaan).

Pääryhmä	Alaryhmä	Esimerkkejä
Hiilivedyt	alifaattiset	n-heksaani
	alisykliset	sykloheksaani
	aromaattiset	tolueeni, ksyleenit, bentseeni
	hiilivetyseokset	lakkabensiini (alifaattinen hiilivetyseos), tär-pähti
Halogenoidut hiilivedyt	klooratut hiilivedyt	tetrakloorieteeni, trikloorieteeni (trikloo-rietyleni), dikloorimetaani
Oksygenoidut eli hap-pea sisältävät hiilivedyt	alkoholit	etanoli, isoporpanoli, butanolit
	eetterit	metyyli-tert-butyylieetteri (MTBE), tert-amyylimetyylieetteri (TAME)
	esterit	etyyliasetatti, butyyliasetatti
	ketonit	metyylietyliketoni (MEK), metyyli-isobutyliketoni
	glykolit	etyleeniglykoli, propyleeniglykoli
	glykolieetterit	etyleeniglykolimonoetyylieetteri, propyleeni-glykolimonometyylieetteri
	glykolieetteriesterit	etyleeniglykolimonoetyylieetteriasetatti, propyleeniglykolimonometyylieetteriasetatti

Venemoottoreiden jäähdytysjärjestelmän tarkoituksena on pitää moottorin lämpötila sen toiminnan edellyttämällä tasolla. Veneiden jäähdytysjärjestelmät ovat joko ilmajäähdytteisiä (pienet perämoottorit) tai nestejäähdytteisiä (merivesi-tai makeavesijäähdytteinen). Venemoottorit on suojattava talven ajaksi korroosio- ja jäätymisvaaran vuoksi jäähdytinnesteellä. (Meriturvallisuustoiminto 2007). Jäähdytinneste sisältää veden lisäksi esimerkiksi noin 95 % monoetyleeniglykolia tai monopropyleeniglykolia sekä 0,4 % jotakin ruosteenestoainetta. Ruosteenesto-aineena on käytetty erilaisia raskasmetalleja sekä esimerkiksi natriumnitriittiä. (Aa-telo 1995). Monoetyleeniglykoli on ollut Suomessa käytössä moottoreiden jäähdy-tinnesteenä jo 1940-luvulta lähtien ja vielä nykyisinkin suurin osa jäähdytinnesteis-tä on monoetyleeniglykoli-pohjaisia. Monopropyleeniglykoli on ollut käytössä vas-ta 1990-luvulta lähtien ja sen käyttö jäähdytinnesteissä on vähäisempää. (Harlin 2007).

### 3.2.3 Puunsuojakemikaalit

Puunsuojakemikaalit kuuluvat kemikaalilain (KL 744/1989) mukaisen ennakkoval-vonnan piiriin. Ennen kemikaalilain voimaantuloa ennakkotarkastuksen piiriin kuuluivat myrkkylain (309/69) mukaiset I ja II luokan puutavaran suojausaineet. Puuveneiden lahon- ja sinistymisenestoaineet luokitellaan maalin tavoin käytettä-viksi eli siveltäviksi puunsuojakemikaaleiksi, jotka kuuluivat vanhan myrkkylain

(309/1969) mukaisiin II luokan myrkkyihin. (Mäkelä 2006a). Puuveneiden lahon-suojaamisessa on käytetty myös kyllästysaineisiin luettavaa kreosoottijälyä (Suomen IP-Teknika Oy 2004a; Krause 2007; Saarinen 2007).

### **Siveltävät puunsuojakemikaalit**

Maalin tavoin siveltävät puunsuojakemikaalit koostuvat liuotinosasta (60–85 %), sideaineesta, pigmenteistä sekä tehoaineena käytetystä fungisidista (1–5 %). Niiden käyttö yleistyi Suomessa 1960–1970-luvuilla (Suolahti 1961, Vihavainen 1978). Puunsuoja-aineiden tehoaineina on käytetty kuparia, sinkkiä, elohopeaa, lyijyä ja booria (Luostarinen 1969). Orgaanisista yhdisteistä käytössä on ollut ainakin pentakloorifenoli, TCMTB eli 2-(tiosyanometyyli)bensotiatsoli ja MBT eli metyleeni-bis(tiosyanaatti) (Setälä & Ylä-Mononen 1991). TCMTB ja MBT on luokiteltu erittäin myrkyllisiksi sekä ympäristölle vaarallisiksi kemikaaleiksi (STMa 509/2005). Pentakloorifenolin luovuttaminen markkinoille ja käyttö on sittemmin kielletty kokonaan (VNp 143/2000). Vanhoja siveltävien puunsuojakemikaalien kauppanimiä ovat olleet esimerkiksi Valtti väritön ja Ventti väritön (Setälä ja Ylä-Mononen 1991). Tällä hetkellä markkinoilla on tarjolla useita kaupallisia maalin tavoin siveltäviä puunsuoja-aineita (Aspergol, Pinotex Base, Pinotex Fasad), joiden tehoaineena on jokin orgaaninen jodi-yhdiste tai tolyylifluorididi (Mäkelä 2006a; 2006b).

Myös terva luetaan siveltäviin puunsuojakemikaaleihin. Tervaaminen on perinteinen puuveneiden ja -laivojen pintakäsittelymenetelmä. Vanha neuvo kuulikin: ”minkäs teet, tee se tervan kanssa.” Terva on samalla puunsuoja-aine, kuullotusväri sekä pintakäsittelyaine. (Luostarinen 1969). Terva muodostaa veneen pintaan paksun ja joustavan suojakuoren, jonka tarkoituksena on suojata puuta veden vaikutuksilta. Tervaa voidaan ohentaa esimerkiksi tärpätillä tai vernissalla. (Kaila 2003). Mäntypuiden kuivatislauksesta saatava puuterva (*pyroleum pini/pix liquida*) on hapanta, paksuhkoa, öljymäistä nestettä ja se sisältää satoja kemiallisia komponentteja (Koskinen 2003). Puutervan koostumukseen vaikuttaa se mistä puulajista terva on peräisin sekä tervan valmistustapa. Mänty sisältää runsaasti pihkaa, jonka vuoksi se on paras puulaji tervan valmistukseen. (Patrikainen 2006). Puuterva sisältää pyrokatekolia, fenoleja, guajakolia, tolueenia, ksyleeniä, kreosolia ja naptaleeneja, ja lisäksi pihkasta syntyy joukko terpeenejä ja hartsihappoja (Koskinen 2003).

### **Kyllästysaineet**

Kreosoottijäly on kivihilitervan yli 200 °C:een lämpötilassa tislautuva osa. Se on lukuisten orgaanisten yhdisteiden seos, joista pääryhmät muodostavat: hiilivedyt (noin 72–92 %), tervahapot (alle 10 %) ja tervaemäkset (noin 3–18 %). Kreosoottijälyn koostumus vaihtelee riippuen kivihilitervan alkuperästä. Sen sisältämät tervahapot ovat pääasiassa fenoleja, kreosoleja ja niiden johdannaisia. Tervaemäkset ovat pyridiiniä, kinoliinia, akridiinia ja muita emäksisiä aineita. (Suolahti 1961, Vihavainen 1978). Hiilivedyistä osa on polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä ja osa aromaattisia hiilivetyjä, kuten bentseeniä, tolueenia ja ksyleeniä. PAH-yhdisteistä 3–6 renkaisia yhdisteitä on noin 15–20 % ja 4–6 renkaisia yhdisteitä noin 1–5 %. (Hämeilä et al. 1987).

## **3.2.4 Muut kemikaalituotteet**

### **Liimat, kitit ja saumausaineet**

Veneiden tiivistämisessä tarvitaan erilaisia kittejä, tiivistysaineita ja saumausmassoja sekä osien yhteen liittämiseen erilaisia liimoja. Liimoja alettiin käyttää veneen-

rakentamisessa 1940-luvulla (Myllykoski 1989). Joutuessaan maaperään liimat, kitit ja tiivistysaineet yleensä kovettuvat, eivätkä niiden sisältämät haitta-aineet pääse kulkeutumaan ympäristöön (Penttinen ja Kauppila 2001). Nykyisin yleisimmin käytössä ovat kaksikomponenttituotteet, kuten epoksiliima, joka tuli markkinoille 1950-luvulla (Mroueh 1993). Uretaanipohjaiset tuotteet sisältävät isosyanaatteja, kuten tolueenidi-isosyanaattia (TDI), metyleenibisfenoli-isosyanaattia (MDI) ja heksametyleenidi-isosyanaattia (HDI). Liimoissa on pääasiassa MDI:a. (Rosenberg et al. 2005a). Liimoihin ja saumausaineisiin on lisätty 1950–1980-luvuilla myös PCB-yhdisteitä (Rosenberg et al. 2005b).

#### **Puhdistus- ja pesuaineet, vahat ja kiillotteet**

Veneiden puhdistamisessa käytetyt pesuaineet voidaan jakaa kahteen ryhmään eli mietoihin ja voimakkaisiin liuotinpohjaisiin aineisiin, jotka ovat ympäristölle vaarallisia. Mietoja pesuaineita käytetään esimerkiksi kannen pesussa, kun taas veneen rungon pesussa käytetään myös voimakkaampia valmisteita. Voimakkaisiin pesuaineisiin voidaan lukea myös maalin- ja rasvanpoistoaineet, jotka sisältävät usein kloorattuja liuottimia, kuten trikloorieteeniä eli TCE:tä ( $C_2HCl_3$ ) ja metyylikloridia eli dikloorimetania ( $CH_2Cl_2$ ). (Brandt & Karlsson 1993). Voimakkaissa pesuaineissa aktiivisena komponenttina voi olla esimerkiksi oksaalihappo, sitruunahappo (Brandt & Karlsson 1993) tai hydrokloridihappo (Murto & Utter 1998). Yleisemmin käytössä olevat miedommat pesuaineet sisältävät sen sijaan natriummetasilikaattia, tensidejä ja glykoleja (Brandt & Karlsson 1993).

#### **Paristot ja akut**

Veneissä käytetään akkuja virranlähteenä ja esimerkiksi valaistuksessa. Paristot ja akut saattavat sisältää huomattavia määriä elohopeaa, kadmiumia, lyijyä, hopeaa tai muita raskasmetalleja, esimerkiksi elohopeaoksidiparistojen elohopeapitoisuus on 25–35 %. Lyijyakut sisältävät metallisen lyijyn lisäksi muun muassa vahvaa rikkihappoa. Paristojen ja akkujen varastoinnissa ne tulee suojata pakkaselta, sillä lataamaton lyijyakku voi haljeta jo  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa (Suomen kaupunkiliitto & Suomen kunnallisliitto 1992). Siksi akut pitää ladata talven ajaksi täyteen, mikäli ne aiotaan säilyttää veneessä talvikauden yli. Jos akku pääsee jäätymään, vaarana on akun hajoaminen ja sen sisältämän hapon päätyminen ympäristöön.

### **3.3 Kriittiset haitta-aineet ja niiden ominaisuudet**

Kriittinen haitta-aine voidaan määritellä toiminnassa merkittävässä määrin käytössä olleen kemikaalituotteen sisältämäksi haitta-aineeksi, jonka ominaisuudet (toksisuus, kertyvyys, pysyvyys, kulkeutuvuus) tekevät siitä ympäristö- ja/tai terveysvaikutuksiltaan merkittävän. Eri ympäristönosissa ja väliaineissa voivat kriittiset haitta-aineet vaihdella, johtuen aineiden erityyppisestä leviämisestä ja käyttäytymisestä esimerkiksi maaperässä tai vedessä. (Jaakkonen & Sorvari 2006). Kemikaalin vaarallisuus riippuu sen myrkyllisyyden lisäksi muista kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista, kuten: pysyvyydestä (puoliintumisaika,  $t_{1/2}$ ), kertyvyydestä (biologinen kertyvyyskerroin, BCF), kulkeutuvuudesta (vesiliukoisuus, S) sekä biologisesta saatavuudesta (aineen esiintymismuoto). Myös yhdisteen huomattavan korkeat pitoisuudet ympäristössä voivat jo yksistään olla vaarallisia. (Sorvari & Assmuth 1998; Nikunen & Leinonen 2002). Yleisesti ottaen luonnolle vieraat aineet eli ksenobiootit ovat ympäristölle vaarallisempia kuin luonnon omat aineet, jotka eivät ole ympäristölle uusia (Landner 1994). Liitteessä 4 on esitelty kemikaalien vaarallisuuden arviointiperusteita tarkemmin.

Venetelakoilla kriittisiä haitta-aineita ovat epäorgaanisista yhdisteistä: kupari, lyijy, sinkki, arseeni ja elohopea sekä orgaanisista haitta-aineista: orgaaniset tinayhdisteet eli tributyyliitina (TBT) ja trifenyylitina (TPT), polysykliset aromaattiset yhdisteet, polyklooratut bifenyylit ja orgaanisista liuottimista monoetyleeniglykoli. Niin kutsuttujen tehostajabiosidien (*engl. booster biocides*) esiintymistä ympäristössä ei ole Suomessa tutkittu. Ulkomailla sen sijaan on tehty useita tutkimuksia liittyen tehostajabiosidien esiintymiseen merellisessä ympäristössä (Voulvolis et al. 2000; Haglund et al. 2001; Thomas et al. 2001; 2002; Kemi 2006).

### 3.3.1 Epäorgaaniset haitta-aineet

Epäorgaaniset haitta-aineet, kuten metallit, eivät hajoa ympäristössä mutta ne saattavat muuntua joko myrkyllisempään tai vähemmän myrkylliseen muotoon. Epäorgaanisten aineiden kertyvyys eliöihin ei perustu niiden rasvahakuisuuteen, joten  $K_{ow}$ -kerrointa (kertyvyys eliöihin) ei voida soveltaa niihin. Biosaatavien metallionien määrä riippuu muun muassa metallin tai metalliyhdisteen vesiliukoisuudesta, johon puolestaan vaikuttavat monet ympäristötekijät kuten veden pH ja koivuus. (Nikunen & Leinonen 2002, ks. liite 2).

Alkuaineen ympäristöhaitallisuuteen vaikuttaa sen esiintymismuoto (alkuainemuoto, kompleksiin sitoutunut muoto tai yhdiste) sekä sen kemialliset ja fysiikkaaliset ominaisuudet. Esiintymismuodosta riippuen, alkuaine voi sitoutua maaperään, kulkeutua veden mukana tai haihtua ilmaan. Maaperässä haitallisimpina metalleina pidetään raskasmetalleja. (Fraktman 2001). Raskasmetalliksi voidaan määritellä metalli, jonka tiheys on suurempi kuin  $5 \text{ g/cm}^3$ . Näin ollen raskasmetalleja ovat esimerkiksi: antimoni (Sb), elohopea (Hg), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), sinkki (Zn), tina (Sn) ja vanadiini (V).

Hivenaine (*engl. trace element*) voidaan määritellä alkuaineeksi, jonka luontainen pitoisuus maaperässä on alle  $100 \text{ mg/kg}$  (Alloway 1990). Tällaisia maaperässä luontaisesti esiintyviä hivenaineita ovat: arseeni, antimoni, elohopea, kadmium, koboltti, lyijy ja nikkeli. Hivenaine voidaan myös määritellä sellaiseksi elimistölle välttämättömäksi epäorgaaniseksi alkuaineeksi, jota elimistö tarvitsee hyvin pieninä pitoisuuksina, mutta suuret pitoisuudet voivat sen sijaan olla myrkyllisiä (Alloway 1990). Osa raskasmetalleista, kuten kupari ja sinkki, voidaan siis lukea tällä perusteella myös hivenaineisiin.

#### Lyijy

Lyijy esiintyy luonnossa hapetusasteilla 0, +2 ja +4 ja niistä yleisin on hapetusluvulla +2 esiintyvä muoto. Kalkofiilisen luonteensa vuoksi lyijy ( $\text{Pb}^{+2}$ ) esiintyy kallioperässä useimmiten lyijyhohteessa ( $\text{PbS}$ ) ja muissa kiisuissa, mutta myös esimerkiksi silikaateissa. (Koljonen 1992, Kabata-Pendias 2001). Suomen maaperässä lyijyä esiintyy keskimäärin  $17 \text{ mg/kg}$  (Koljonen 1992) mutta taajaan asutuilla seuduilla lyijyn pitoisuus on korkeampi; esimerkiksi Helsingissä lyijyä esiintyy maan ylimmässä pintakerroksessa keskimäärin  $71 \text{ mg/kg}$  (Salla 1999).

Maaperässä lyijy on rikastunut maan orgaanista ainesta sisältävään pintakerrokseen sekä savipitoiseen ainekseen. Muihin raskasmetalleihin verrattuna lyijy on maaperässä melko kulkeutumaton ja sen liukoisuus on pieni. Näin ollen lyijy kertyy maaperään ja sedimenttiin. Lyijyn käyttäytymiseen maaperässä vaikuttavat etenkin maaperän happamuus ja hapetus-pelkistysolot. Happamat olot voivat lisätä lyijyn liukoisuutta, mutta liukoisuus on kuitenkin vähäisempää kuin sen kertyminen orgaanisiin kerroksiin. (Kabata-Pendias 2001).

Lyijy on myrkyllinen sekä kasveille että eläimille. Elintoiminnoissa se korvaa haitallisin vaikutuksin muun muassa kalsiumia sekä rikastuu elimistöön. (Koljo-

nen 1992). Lyijy on kasveille pieninä pitoisuuksina hivenaine ja se siirtyy kasveihin passiivisesti pääasiassa juurien, mutta myös lehtien kautta. Korkeat maaperän lyijypitoisuudet vaikuttavat haitallisesti kasvien fotosynteesiin ja vedenottoon. (Kabata-Pendias 2001).

### Kupari

Kupari esiintyy luonnossa hapetusluvulla 0, +1, +2 ja +3 (harvinainen). Kallioperässä kupari esiintyy yleensä kiisuina, kuten kuparikiisuna ( $\text{CuFeS}_2$ ). Rapautumisen yhteydessä kupari kulkeutuu melko huonosti, sillä se saostuu herkästi vesipitoisina karbonaatteina, hydroksideina ja kiisuina. (Koljonen 1992).

Kupari on hivenaine, joka on alhaisina pitoisuuksina elintärkeä ravinne niin kasvi- kuin eläinkunnassa. Kuparia tulee olla maaperässä 15–60 mg/kg, jotta sitä on riittävästi kasvien elintoiminnoille. Suomen maaperässä kuparia esiintyy keskimäärin 25 mg/kg. (Koljonen 1992).

Alusten pohjamaaleissa kuparia käytetään torjumaan niin sanottuja kovia fouling-lajeja (esimerkiksi merirokko) ja maaleissa on käytetty joko metallista kuparia tai kupariyhdistettä, kuten kupari(I)oksidia tai kuparitosyanaattia ( $\text{CuSCN}$ ) (Voulvolis 2002). Maaleista kupariyhdisteet liukenevat kupari-ioneina ( $\text{Cu}^{2+}$ ), jotka ovat jo hyvin pieninä pitoisuuksina myrkyllisiä niin vesi- kuin maaympäristön kasvi- ja eliölajeille (Suomen ympäristökeskus 2007). Koska kupari on eliöille välttämätön hivenaine, on sen biokertyvyys eliöihin erittäin korkea. Kupari ei kuitenkaan rikastu ravintoketjussa. (HSDB 2007). Kuparin haitallisiin vaikutuksiin kuuluu se, että kupari voi estää maaperässä muiden eliöille välttämättömien hivenainesten, kuten sinkin, imeytymisen sekä se voi myös lisätä yhteisvaikutuksella jonkun toisen metallin (esimerkiksi kadmium, nikkeli, kromi) haitallisuutta. (Heikkinen 2000).

### Sinkki

Sinkki on hapetusasteella +2 luonnossa esiintyvä metalli. Kallioperässä sinkki esiintyy useimmiten sinkkivälkkeenä ( $\text{ZnS}$ ), mutta myös muissa kiisuissa ja silikaattimineraaleissa. Sinkki liukenee helposti mineraaleista rapautumalla ja se pysyy hyvin liuenneena. (Koljonen 1992). Erityisesti hapettavissa ja happamissa olosuhteissa vapautuu hyvin kulkeutuvia sinkki-ioneja. Sinkki sitoutuu myös orgaaniseen ainekseen ja mineraaleihin, sekä se kertyy maan pintakerrokseen (Kabata-Pendias 2001). Maaperässä sinkkiä esiintyy luontaisesti 8–110 mg/kg (VNA 214/2007) ja keskimäärin sitä on Suomen maaperässä 70 mg/kg (Koljonen 1992).

Sinkki on hivenaine, joka vaikuttaa kasvuun ja sen puute aiheuttaa kehityshäiriöitä (Koljonen 1992). Sinkin myrkyllisyys kasvukunnassa vaihtelee kasvilajeittain; esimerkiksi pitoisuuden 300 mg/kg on havaittu olevan myrkyllinen ohralle (Kabata-Pendias 2001). Sinkki on myös erittäin myrkyllistä joillekin kala- ja äyriäislajeille ja sitä pidetään kertyvänä ennen kaikkea leviin ja sedimentin eliöihin, kuten nilviäisiin (Suomen ympäristökeskus 2007).

### Elohopea

Elohopea esiintyy yleensä ilmassa alkuaineena, maaperässä ja sedimentissä elohopeasulfidina ( $\text{HgS}$ ), vedessä ioneina ( $\text{Hg}^{+}$ ) tai kompleksiyhdisteinä sekä eliöstössä metyylielohopeana ( $\text{CH}_3\text{Hg}^{+}$ ). Maaperässä ja sedimentissä elohopea sitoutuu tiukasti orgaaniseen ainekseen ja se voi kulkeutua maaperässä ja vedessä humukseen sitoutuneena. Elohopea on veteen liukeneva ( $S=60$  mg/l). Elohopea kertyy kasveihin ja eläimiin ja sen erittyminen niistä on hidasta. Epäorgaanisen elohopean BCF-kerroin kalaan on 1 800–5 000 ja metyylielohopealla vastaava arvo on 105–107. Elohopea on sekä akuutisti että pitkäaikaisaltistuksessa erittäin myrkyllinen vesieläimille. Elohopealla on haitallisia vaikutuksia maaperän mikrobeihin ja sillä voi

olla haitallisia vaikutuksia myös kasveihin. Elohopea voi metyloitua ympäristössä biologisesti tai kemiallisesti metyylielohopeaksi, joka on sen epäorgaanista muotoa myrkyllisempi yhdiste. Metyloitumista edesauttaa vesiliuoksen happamuus, lämpötilan kohoaminen ja hapettomat olosuhteet. Myös takaisinmuuntuminen eli demetyloituminen on mahdollista. Ihmiselle elohopea ja sen yhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä. Metyylielohopean on todettu aiheuttavan sikiölle keskushermostovaurioita. (Suomen ympäristökeskus 1995). Elohopea on luokiteltu sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (STMa 509/2005) myrkylliseksi (T) ja ympäristölle vaaralliseksi kemikaaliksi (N).

### Arseeni

Arseeni on puolimetalli, joka esiintyy luonnossa hapetusasteilla -3, 0, +3 ja +5. Vesiliuoksessa hapetusasteet +3 ja +5 ovat tärkeimmät (Lintinen 2003). Maa- ja kallioperässä arseeni esiintyy pääasiassa arseenikiisuna (FeAsS). Suomen maaperässä arseenia on keskimäärin 5 mg/kg. (Koljonen 1992).

Arseenin myrkyllisyys ympäristössä riippuu sen esiintymismuodosta: hapetusaste +3 on arseenilla myrkyllisempi kuin sen hapetusaste +5. Hapekkaissa maa- ja vesiympäristöissä hapetusaste +5 on selvästi yleisempi. Arseenia esiintyy luonnossa sekä epäorgaanisina (arsenaatti  $\text{As}^{5+}$  ja arseniitti  $\text{As}^{3+}$ ) että orgaanisina yhdisteinä. Arseeni lähtee liikkeelle tehokkaammin neutraalissa ja lievästi emäksissä olosuhteissa. Pitkäaikaisessa tai toistuvassa altistuksessa arseeni aiheuttaa syöpää. Se ei kuitenkaan rikastu ravintoketjussa. (Lintinen 2003).

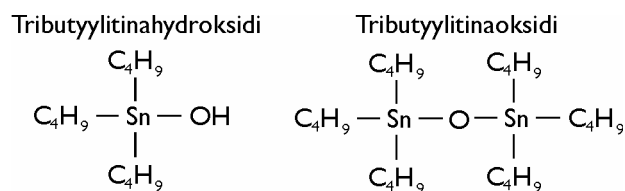
## 3.3.2 Orgaaniset haitta-aineet

Orgaanisiksi yhdisteiksi kutsutaan sellaisia kemiallisia aineita, jotka sisältävät kovalenttisesti sitoutunutta hiiltä ja vetyä. Maaperässä haitallisia orgaanisia yhdisteitä ovat esimerkiksi sellaiset yhdisteet, joita ei luonnostaan esiinny maaperässä ja siksi mikrobitoiminta ei pysty hajottamaan niitä. Tämän vuoksi ne kertyvät ympäristöön. (Nikunen & Leinonen 2002).

POP-yhdisteiksi (*engl. persistent organic pollutants*) kutsutaan yhdisteitä, jotka ovat myrkyllisiä, hyvin hitaasti hajoavia [ $t_{1/2}$  (vesi) >2 kk tai  $t_{1/2}$  (maaperä tai sedimentti) >6 kk], kaukokulkeutuvia [ $t_{1/2}$  (ilma) >2vrk] sekä eliöihin kertyviä [BCF (vesieliöt) >5 000 tai  $\log(K_{ow}) >5$ ]. Kriteerit POP-yhdisteille on määritetty Tukholman yleissopimuksessa, joka toimeenpantiin Suomessa vuonna 2004 (SopS 34/2004). POP-yhdisteisiin kuuluvat muun muassa PCB-yhdisteet, DDT eli 1,1,1-trikloori-2,2-bis(4-kloorifenyyli)etaani sekä osa PAH-yhdisteistä. (Suomen ympäristökeskus 2006).

### Orgaaniset tinayhdisteet

Orgaaniset tinayhdisteet ovat ryhmä organometallisia yhdisteitä, joille on yhteistä tina-atomi, johon on kovalenttisesti sitoutunut yksi tai useampi orgaaninen sivuaineryhmä (Hoch 2001). Orgaanisia tinayhdisteitä on yhteensä yli 800 erilaista yhdistettä. Koska tina esiintyy lähes aina hapetusluvulla +4, on orgaanisia tinayhdisteitä neljää eri sarjaa hiili-tina-sidosten lukumäärän mukaisesti. Yhdisteiden peruskaava on  $\text{R}_n\text{SnX}_{4-n}$ , jossa R on jokin alkyyli- tai aryyli-ryhmä (esimerkiksi metyyli, etyyli, butyyli, propyyli, fenyyli) ja X on anioni tai anioninen ryhmä (esimerkiksi fluoridi, oksidi tai hydroksidi). Orgaanisten tinayhdisteiden kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin vaikuttavat sekä hiilivetyryhmä (R) että anioni (X). R-ryhmien lukumäärä ja laatu määräävät pääosin yhdisteen biologiset ominaisuudet kun taas X-ryhmä vaikuttaa yhdisteen liukoisuuteen ja haihtuvuuteen. (Ylä-Mononen 1989).



Kuva 11. Tributyylitinahydroksidi ja tributyylitinaoksidi (Lukkari et al. 2006).

Orgaaniset tinayhdisteet eivät ole ympäristössä pysyviä, vaan ne hajoavat biologisesti, kemiallisesti tai UV-säteilyn vaikutuksesta ( $\text{R}_4\text{Sn} \rightarrow \text{R}_3\text{SnX} \rightarrow \text{R}_2\text{SnX}_2 \rightarrow \text{RSnX}_3 \rightarrow \text{SnX}_4$ ), esimerkiksi tributyylitina (kuva 11) hajoaa ensin dibutyylitinaksi, sitten monobutyylitinaksi ja lopulta epäorgaaniseksi tinayhdisteiksi. Vedessä hajoaminen on nopeampaa kuin sedimentissä. Vedessä tributyylitinan puoliintumisaika vaihtelee muutamista päivästä useisiin kuukausiin ja sedimentissä hajoaminen saattaa kestää useita vuosia. Koska orgaaniset tinayhdisteet sitoutuvat voimakkaasti pienhiukkasiin ne kertyvät ajan kuluessa maaperään ja sedimenttiin. (Hoch 2001).

Orgaanisista tinayhdisteistä myrkyllisimpiä ovat niiden trisubstitoidut muodot ( $\text{R}_3\text{SnX}$ ), joista butyyli- ja fenyyli- ja fenyylimuotoja on käytetty myös antifouling-maalien tehoaineina 1950-luvulta lähtien. (Hoch 2001). Tributyylitina on erittäin biokertyvää: sen BCF-arvo on jopa 10 000 (Jacobson ja Willingham 2000). TBT:n haitallisuus vesieliöille havaittiin ensimmäisen kerran 1970-luvun lopulla Ranskan rannikolla sijaitsevalla lahdelmalla (Arcachon Bay), joka tuotti vuodessa 10 000–15 000 tonnia ostereita markkinoille. Vuosina 1975–1982 ostereilla havaittiin kitukasvuisuutta sekä anomaliaita kuoren kalkkeutumisessa, mikä johti lopulta ostereiden kannan romahtamiseen. Lahtea ympäröi lukuisat satamat ja osterikannan romahtamisen aiheutti alusten rungoista liuennut TBT. Tutkimuksissa TBT:n pitoisuuden 0,02 µg/l havaittiin vaikuttavan merkittävästi toukkien kasvuun ja pitoisuuden 1,0 µg/l haittaavan ostereiden alkionkehitystä. (Alzieu 2000). Tapahtumien vuoksi Ranska oli ensimmäinen maa, joka vuonna 1982 rajoitti tributyylitinan käyttöä antifouling-maaleissa.

Tributyyl- ja trifenylyyhdisteiden on todettu aiheuttavan muitakin haitallisia vaikutuksia vesieliöissä, kuten kalojen lisääntymisen ja kasvun heikentymistä, muutoksia kalojen käyttäytymisessä sekä häiriöitä kalojen sukupuolen kehityksessä (maskulinisoituminen) (Shimasaki et al. 2004), häiriöitä eräiden vesieliöiden (*Oryzias latipes*) toukkien liikkumiskyvyssä sekä niin sanottua imposex-ilmiötä (naaraalle kehittyy koiraan sukupuolielimet) gastropodilajeilla (Hoch 2001).

Suomessa tehtyjen tutkimusten perusteella orgaanisten tinayhdisteiden on havaittu kertyneen kaloihin ja liejusimpukoihin. Lounais-Suomessa Pohjois-Airistolta on sedimentistä mitattu korkeita organotinapitoisuuksia ja alueelta pyydetyissä hauissa (mittaukset tehtiin fileepaloista) esiintyi keskimäärin 84 µg/kg ja kuhissa 44 µg/kg orgaanisia tinayhdisteitä. Korkein hauissa mitattu pitoisuus oli 202 µg/kg ja kuhissa 133 µg/kg. (Peltonen et al. 2006). Samassa tutkimuksessa tehtiin altistuskoe liejusimpukoille, jossa  $\text{LC}_{50}$ -arvoksi saatiin 2 400 µg/kg. Korkein kuolleisuus oli testiolosuhteissa, jossa sedimentin pitoisuus oli 2 000 µg/kg. TBT:n havaittiin kertyvän liejusimpukoihin sitä nopeammin mitä korkeampi oli sedimentin TBT-pitoisuus. Kahdeksan viikon altistuskokeen jälkeen akvaariossa, jossa sedimentin TBT-pitoisuus oli 2 000 µg/kg, simpukoiden keskimääräinen TBT-pitoisuus oli yli 9 000 µg/kg. Kuolevuuden havaittiin kuitenkin lisääntyvän nopeasti pitoisuustasossa 1 000 µg/kg. (Peltonen et al. 2006).

Nisäkkäille myrkyllisin trisubstitoitu orgaaninen tinayhdiste on trietyylitina asetaatti ( $\text{Et}_3\text{SnOAc}$ ), jonka  $\text{LD}_{50}$ -arvo rotilla (oraalisesti) on 4 mg/kg. Tributyylitinan (TBT) pitoisuus 0,001–0,002 µg/l on akuutisti ja kroonisesti myrkyllinen her-



















kimmille vesieliöille ja sen letaali pitoisuus on akuutisti myrkyllinen lajista riippuen 0,04–16 µg/l. Myös TBT:n hajoamistuotteet, dibutyylitina (DBT) ja monobutyylitina (MBT) ovat ympäristössä haitallisia: MBT:n EC<sub>50</sub>-arvo leville on 15 mg/l (Hoch 2001).

### Polysykliset aromaattiset yhdisteet

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet (taulukko 2) ovat suuri kemiallinen ryhmä aineita, jotka sisältävät useamman kuin yhden toisiinsa liittyneen bentseenirenkaan eli aromaattisen renkaan (O'Neill 1998). Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä on identifioitu noin 40 eri yhdistettä. Yleensä yhdisteissä on 3–10 toisiinsa liittynyttä bentseenirengasta, joista yksinkertaisin on naftaleeni (kaksi bentseenirengasta) sekä antraseeni ja fenantreeni (kolme bentseenirengasta). Terveystieteelle kaikkein haitallisimpia ovat yhdisteet, joissa on vähintään neljä bentseenirengasta. (Fraktman 2001). PAH-yhdisteitä syntyy epätäydellisen palamisen seurauksena ja luonnostaan niitä esiintyy öljytuotteissa (Hietaniemi et al. 1999).

Taulukko 2. Eräiden PAH-yhdisteiden ominaisuuksia (Muokattu IPCS 1998; Hietaniemi et al. 1999 mukaan).

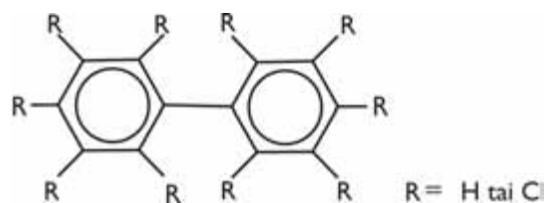
PAH-yhdiste	Lyhenne	CAS-numero	Rakenne	M (g/mol)	POP	Karsinogeenisuus
Antraseeni	ANT	120-12-7		178	-	-
Asenaftteeni	Ace	208-96-8		154	-	?
Asenaftyleeni	Acen	91-20-3		152	-	(?)
Bentso(a)antraseeni	BaA	56-55-3		228	-	+
Bentso(a)pyreeni	B(a)P	50-32-8		252	+	+
Bentso(b)fluoranteeni	B(b)F	205-9-2		252	+	+
Bentso(g,h,i)peryleeni	B(ghi)P	203-12-3		276	-	-
Bentso(k)fluoranteeni	B(k)F	207-08-9		252	+	+
Dibentso(a,h)antraseeni	B(a,h)A	53-70-3		278	-	+
Fenantreeni	FEN	85-01-8		178	-	?
Fluoranteeni	FLU	206-44-0		202	-	?
Fluoreeni	FLUO	86-73-7		166	-	-
Indeno(1,2,3,c,d)pyreeni	IcdP	193-39-5		276	+	+
Kryseeni	KRY	218-01-9		228	-	+
Naftaleeni	Naf	91-20-3		128	-	?
Pyreeni	PYR	129-00-0		202	-	?

Karsinogeenisiksi on luokiteltu seuraavat PAH-yhdisteet: bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(j)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, indeno(1,2,3)pyreeni ja kryseeni (Hallikainen et al. 1999). PAH-yhdisteistä neljä kuuluu POP-yhdisteisiin (ns. PAH-4): bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni ja indeno(1,2,3cd)pyreeni (Suomen ympäristökeskus 2006).

PAH-yhdisteille ominaisia piirteitä ovat alhainen höyrynpaine sekä erittäin niukka liukoisuus veteen. Molekyylikoon kasvaessa liukoisuus veteen laskee. PAH-yhdisteet ovat lipofiilisiä sekä kemiallisesti melko inerttejä yhdisteitä. (IPCS 1998). Molekyylikoon kasvaessa myös niiden myrkyllisyys ympäristössä lisääntyy sekä hajoaminen hidastuu. PAH-yhdisteiden puoliintumisaika vaihtelee maaperässä ja sedimentissä kymmenistä tunneista useisiin vuosiin. PAH-yhdisteiden on todettu aiheuttavan eliöille muun muassa lisääntymisvaikeuksia, hedelmällisyyden alentumista sekä siittiöiden ja sukupuolielinten vaurioitumista. Myrkyllisin PAH-yhdiste on bentso(a)pyreeni sen voimakkaan karsinogeenisyyden vuoksi. (Suomen ympäristökeskus 2006).

### Polyklooratut bifenyylit

Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet ovat ryhmä yhdisteitä, jotka koostuvat bifenyylimolekyylistä, johon on liittynyt 1-10 klooriatomia (kuva 12). PCB-yhdisteitä ei esiinny luonnostaan ympäristössä. Teoreettisesti PCB-ryhmään voi kuulua 209 eri yhdistettä, mutta kaupallisissa tuotteissa on ollut käytössä 130 eri kongeneeria. PCB-yhdisteisiin sitoutuneiden klooriatomien määrä vaikuttaa niiden käyttäytymiseen ympäristössä. Kloorautumisasteen kasvaessa PCB-yhdisteiden pysyvyys kasvaa ja vesiliukoisuus ja haihtuvuus laskevat. Vesiympäristössä kloori-atomien lukumäärä vaikuttaa PCB-yhdisteiden sitoutumiseen pienthiukkasiin. Pääosin PCB-yhdisteet ovat veteen niukkaliukoisia. Mono-, di- ja tribifenyylit hajoavat luonnossa suhteellisen nopeasti, tetraklooribifenyylit hajoavat hitaasti ja tätä enemmän klooria sisältävät PCB-yhdisteet ovat pysyviä (puoliintumisaika vaihtelee ilmakehässä kymmenestä päivästä 1,5 vuoteen). PCB-yhdisteet ovat rasvahakuisia ( $\log[Kow]$  vaihtelee välillä 4,5–8,2) ja siksi ne kertyvät ravintoketjussa (BCF voi olla jopa 270 000). (Suomen ympäristökeskus 1997).



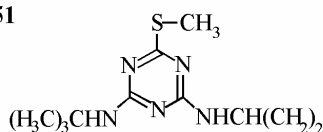
Kuva 12. PCB-yhdisteiden yleinen rakenne (Suomen ympäristökeskus 2001).

PCB-yhdisteet ovat akuutisti erittäin myrkyllisiä vesieliöille, niiden  $LC_{50}$  -arvoiksi on saatu kaloilla 0,002–0,3 mg/l (96 h) ja katkalla 0,3–10 mg/l (48 h). Altistuminen PCB-yhdisteille aiheuttaa useilla eläinlajeilla lisääntymis- ja kehityshäiriöitä sekä ne vaikuttavat esimerkiksi monien lintujen vastustuskykyyn ja pesimiseen. (Suomen ympäristökeskus 1997). PCB-valmisteissa esiintyy epäpuhtauksina pieniä määriä dioksiineja, kuten polykloorattuja dibentsofuraaneja (PCDF-yhdisteitä) ja polykloorattuja dibentso-p-dioksiineja (PCDD-yhdisteitä) (Rosenberg et al. 2005b). Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (STMa 509/2005) vaarallisten aineiden luettelossa PCB-yhdisteet luokitellaan haitallisiksi (Xn) ja ympäristölle vaarallisiksi (N) aineiksi.

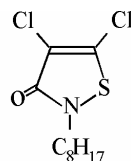
## Tehostajabiosidit

Kiellot ja rajoitukset TBT:n käytössä ovat johtaneet kupariyhdisteiden sekä niiden tehoa lisäämään tarkoitettujen niin kutsuttujen tehostajabiosidien (*engl. booster biocides*) yleistymiseen kiinnittymisenestomaaleissa. Koska TBT:n käyttörajoitukset kohdistuivat aluksi (esimerkiksi Suomessa vuosina 1991–2003) ainoastaan alle 25 metriä pitkiin aluksiin, on tehostajabiosidejä löydetty vesiympäristöstä lähinnä huvivenesatamien yhteydestä, eikä niinkään esimerkiksi laivatelakoiden ympäristöstä. (Voulvolis 2002). Suomessa tällä hetkellä antifouling-maalien tehoaineina käytettyjä tehostajabiosidejä ovat: Kathon 211 eli SeaNine 211, zinebi, diklofluanidi, sinkki- ja kuparipyritioni (Suomen ympäristökeskus 2008). Mutta ennen vuotta 2002 on käytössä ollut myös muita tehostajabiosidejä (Pasanen 2008).

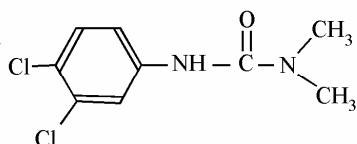
**Irgarol 1051**



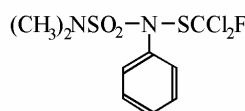
**SeaNine 211**



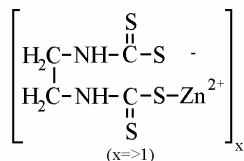
**Diuroni**



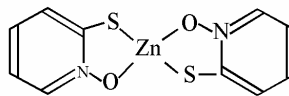
**Diklofluanidi**



**Zinebi**



**Sinkkipyritioni**



Kuva 13. Biosidien kemiallisia kaavoja (muokattu Thomas et al. 2001 mukaan).

Irgarol 1051 eli 2-metyyli-4-tertbutyyliamino-6-syklo-propyyliamino-s-triatsiini tai 2-(tert-butyyliamino)-4-(syklopropyyliamino)-6-(metyyli-1,3,5-triatsiini) (kuva 13) on s-triatsiineihin kuuluva fotosynteesiä inhiboiva herbisidi. Irgarol 1051 oli tehostajabiosideistä ensimmäinen, jonka todettiin olevan ympäristölle haitallinen. Sen on myös todettu olevan vesiympäristössä yleisimmin esiintyvä tehostajabiosidi. Irgarol 1051 s-triatsiineihin kuuluvista yhdisteistä hydrofobisin ja veteen niukkaliukoinen yhdiste ( $S = 7 \text{ mg/l}$ ). Vesiympäristössä se esiintyy kuitenkin pääasiassa liuenneessa muodossa eikä sedimenttiaineeseen sitoutuneena. (Konstantinou & Albanis 2004). Irgarol 1051 hajoaa merivedessä erittäin hitaasti ( $t_{1/2} = 100\text{--}350 \text{ vrk}$ ) ja etenkin hapettomissa oloissa se on erityisen kestävä yhdiste (Thomas et al. 2001). Irgarol 1051:n ei ole todettu olevan erityisen myrkyllinen kaloille ja äyriäisille, mutta se on erittäin myrkyllinen kasvikuntaan kuuluville lajeille, kuten eri levälajeille (Okamura et al. 2002).

Diuroni eli 3-(3,4-dikloorifenyyli)-1,1-dimetyyliurea, N`-(3,4-dikloorifenyyli)-N,N-dimetyyliurea, DMU tai DCMU (kuva 13) on fotosynteesiä estävä herbisidi. Diuroni on veteen liukeneva ( $S = 42 \text{ mg/l}$ ) ja se pidättyy hyvin maan orgaaniseen kerrokseen ( $K_{oc} = 485$ ). Diuroni ei kerry elimistöön [ $\log(K_{ow}) = 2,6$ ] ja se on nisäkkäille ja linnuille hyvin lievästi myrkyllistä. Kaloille diuroni on akuutisti haitallista ( $LC_{50} = 4,3\text{--}42 \text{ mg/l}$ ) ja selkärangattomille vesieläimille se on akuutisti myrkyllistä ( $LC_{50} = 1\text{--}2,5 \text{ mg/l}$ ). Maaperässä ja vedessä diuroni hajoaa hitaasti: sen puoliintumisaika maaperän ylimmässä 10 cm:n kerroksessa on noin 81 vuorokautta (Giacomazzi & Cochet 2004). Sedimentissä diuroni hajoaa nopeammin anaerobisissa oloissa ( $t_{1/2} = 14\text{--}35 \text{ vrk}$ ) kuin aerobisissa oloissa (Konstantinou & Albanis 2004). Hapettomissa oloissa diuronin pähajoamistuote on 1-(3-kloorifenyyli)-3,1-

dimetyyliurea eli CPDU (Thomas et al. 2003). Diuronin hajotessa voi syntyä myös 3,4-dikloori-aniliinia eli 3,4-DCA:ta (CAS-nro: 95-76-1) (Giacomazzi & Cochet 2004). 3,4-DCA on luokiteltu sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (STMa 509/2005) vaarallisten aineiden luettelossa myrkylliseksi ja ympäristölle vaaralliseksi kemikaaliksi.

SeaNine211:n eli Kathon 211:n tehoaine on 4,5-dikloori-2-n-oktyyli-4-isotiatsoliini-3-oni eli DCOI tai 4,5-dikloori-2-n-oktyyli-4-isotiatsoliini-3-oni tai 4,5-dikloori-2-n-oktyyli-3(2H)isotiatsoliini (kuva 13) ja sen on todettu olevan tehokas antifouling-aine sekä leviää (ns. pehmeät fouling-eliöt) että merirokkoa (ns. kovat fouling-eliöt) vastaan. SeaNine211 hajoaa mikrobitoiminnan takia vedessä ja sedimentissä (sekä aerobisissa että anaerobisissa oloissa) nopeasti ( $t_{1/2} = <1-24$  h). SeaNine 211 ja sen hajoamistuotteet sitoutuvat tiukasti sedimentin pienpartikkeleihin, joka vähentää yhdisteen biosaatavuutta. SeaNine 211 on ollut kaupallisessa käytössä vuodesta 1992 lähtien. (Jacobson & Willingham 2000). Vesielioille SeaNine211 on erittäin myrkyllinen tai myrkyllinen: alhaisimmat EC/LC<sub>50</sub>-arvot ovat alle 0,01 mg/l. (Madsen et al. 2000). Esimerkiksi kirjolohelle SeaNine 211:n EC<sub>50</sub>(24 h)-arvo on 2,6 mg/l (Okamura 2002). SeaNine211:n hajoamistuotteet ovat vesielioille haitallisia tai hyvin lievästi myrkyllisiä: alhaisin LC<sub>50</sub>-arvo vaihtelee välillä 90–160 mg/l. (Madsen et al. 2000).

Diklofluaniidi on veteen niukkaliukoinen ( $S = <2$  mg/l) ja se sitoutuu sedimenttiaineeseen melko tiukasti ja hajoaa nopeasti ( $t_{1/2} = <2$  vrk). Klorotanoli hajoaa vedessä nopeasti ja erityisen nopeata ( $t_{1/2} = 4-150$  h) sen hajoaminen on makeassa vedessä. Klorotanoli on vesielioille, kuten kaloille erittäin myrkyllistä [LC<sub>50</sub>(96 h) = 16–52 µg/l]. Diklofluaniidia ja klorotanololia on käytetty myös viljelyksessä fungisidina. (Konstantinou & Albanis 2004). Kuparipyritionin (CuPT) ja sinkkipyritionin (ZnPT) on todettu eräissä tutkimuksissa (Okamura et al. 2002) olevan antifouling-maaleissa käytettävistä tehostaja-biosideistä kaikkein myrkyllisimpiä kaloille. Molemmat metallipyritionit ovat kaloille akuutisti erittäin myrkyllisiä. (Okamura et al. 2002).

## 4 Aiemmat ympäristötutkimukset

### 4.1 Vertailuarvot

Maaperän sisältämien haitta-ainepitoisuuksien tulkitsemisen apuna on käytetty 1990-luvun alkupuolelta lähtien niin kutsutussa SAMASE-projektissa, eli saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojektin loppuraportissa (Ympäristöministeriö 1994), annettuja ohje- ja raja-arvoja maaperän haitta-aineille. Vuonna 2007 astui voimaan valtioneuvoston asetus (VNa 214/2007) maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Tässä niin kutsutussa PIMA-asetuksessa on annettu riskiperusteiset kynnys- ja ohjearvot 52:lle haitallisen aineen tai aineriikryhmän pitoisuudelle ja ne korvaavat vanhat SAMASE-arvot. Asetuksessa annetut pitoisuusrajat voidaan määritellä seuraavasti (Reinikainen 2007):

- **Kynnysarvo** kuvaa sellaista maa-aineksessa olevaa haitallisen aineen pitoisuutta, jonka aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä voidaan pitää merkityksettömän pieninä. Mikäli kynnysarvopitoisuus ylittyy yhden tai useamman haitallisen aineen osalta, johtaa tämä johtaa valtioneuvoston asetuksen 214/2007 mukaiseen maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointimenettelyyn.
- **Alempi ohjearvo** kuvaa suurinta yleisesti hyväksyttävää riskiä tavanomaisessa maankäytössä. Mikäli yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus ylittää alemman ohjearvon pidetään maa-ainesta pilaantuneena.
- **Ylempi ohjearvo** kuvaa suurinta hyväksyttävää riskiä tavanomaista vähemmän herkässä maankäytössä, kuten teollisuus-, varasto- tai liikennealueella. Mikäli yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus ylittää ylempään ohjearvon, voidaan maaperää pitää pilaantuneena.
- **Taustapitoisuus** on haitallisen aineen luontaisesti tavanomainen pitoisuus maaperässä tai sellainen kohonnut pitoisuus, joka esiintyy pintamaassa laajalla alueella pilaantuneeksi epäillyn alueen ympäristössä.

Asetuksen 214/2007 mukaisen maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin on perustuttava kohdekohtaiseen arvioon maaperässä olevien haitallisten aineiden mahdollisesta vaarasta tai haitasta terveydelle ja ympäristölle. Tässä kohdekohtaisessa riskinarvioinnissa on asetuksen mukaisesti huomioitava pilaantuneeksi epäillyn kohteen (Ympäristöministeriö 2007):

- haitallisten aineiden pitoisuudet, kokonaismäärät, ominaisuudet sekä sijainti ja taustapitoisuudet maaperässä
- maaperä- ja pohjavesiolosuhteet sekä muut aineiden kulkeutumiseen ja leviämiseen vaikuttavat tekijät
- nykyinen ja suunniteltu käyttö
- haitallisille aineille altistumisen mahdollisuus nyt ja tulevaisuudessa
- haitallisille aineille altistumisen aiheuttaman haitan todennäköisyys ja vakavuus terveydelle ja ympäristölle sekä haitallisten aineiden mahdolliset yhteisvaikutukset
- riskin arviointiin liittyvät epävarmuustekijät

Taulukkoon 3 on koottu asetuksen (VNa 214/2007) mukaiset kynnys- ja ohjearvot niille epäorgaanisille ja orgaanisille haitta-aineille, joita voi esiintyä telakoiden tai veneiden talvisäilytysalueiden maaperässä.

Taulukko 3. Kynnys- ja ohjearvot maaperässä esiintyville haitta-aineille (VNa 214/2007).

Aine	Taustapitoisuus mg/kg	Kynnysarvo mg/kg	Alempi oh- jearvo mg/kg	Ylempi oh- jearvo mg/kg
Antimoni, Sb	0,02 (0,01-0,2)	2	10	50
Arseeni, As	1 (0,1-25)	5	50	100
Elohopea, Hg	0,005(<0,005-0,05)	0,5	2	5
Kadmium, Cd	0,03 (0,01-0,15)	1	10	20
Koboltti, Co	8 (1-30)	20	100	250
Kromi, Cr	31 (6-170)	100	200	300
Kupari, Cu	22 (5-110)	100	150	200
Lyijy, Pb	5 (0,1-5)	60	200	750
Nikkeli, Ni	17 (3-100)	50	100	150
Sinkki, Zn	31 (8-110)	200	250	400
Vanadiini, V	38 (10-115)	100	150	250
Bentseeni		0,02	0,2	1
Tolueeni			5	25
Etyylibentseeni			10	50
Ksyleenit			10	50
TEX *		1		
PAH:t yhteensä **		15	30	100
Antraseeni		1	5	15
Bentso(a)antraseeni		1	5	15
Bentso(a)pyreeni		0,2	2	15
Bentso(k)fluoranteeni		1	5	15
Fenantreeni		1	5	15
Fluoranteeni		1	5	15
Naftaleeni		1	5	15
PCB:t yhteensä ***		0,1	0,5	5
TBT + TPT		0,1	1	2
MTBE-TAME		0,1	5	50
Bensiinijakeet (C5-C10)			100	500
Keskitisleet (>C10-C21)			300	1000
Raskaat tisleet (>C21-C40)			600	2000
Öljyjakeet (>C10-C40)		300		

\* Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleeni.

\*\* PAH-yhdisteiden summapitoisuus: antraseeni, asenaftaleeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni.

\*\*\* PCB-kongeneerien 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 summapitoisuus.

Sedimenttiainekselle ei ole Suomessa määritelty vastaavanlaisia ohjearvoja kuten maa-ainekselle. Usein sedimenttien haitta-aineiden pitoisuuksia on verrattu Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa (Ympäristöministeriö 2004) annettuihin ruoppausmassan laatukriteereihin (taulukko 4). Ruoppausmassan laatukriteerit annettiin vuonna 2004, ja tätä ennen tehdyissä sedimenttitutkimuksissa on tuloksia vertailtu esimerkiksi maaperän haitta-ainepitoisuuksille tarkoitettuihin SAMASE-arvoihin. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen laatukriteeritasot on ilmoitettu haitta-aineiden normalisoiduille (ks. liite 3) pitoisuuksille, eli pitoisuudet on korjat-

tu tulosten vertailtavuuden vuoksi vastaamaan standardisedimentin koostumusta, jossa on savea 25 % ja orgaanista ainesta 10 %. Ohjeessa annetut laatukriteerit koskevat ruopattavien massojen mereen läjityskelpoisuutta. Ruoppausohjeessa on esitetty kaksi haitta-ainetasoa, joiden perusteella voidaan arvioida voidaanko ruopattuja massoja läjittää mereen:

- **Taso 1:** haitta-ainepitoisuuksiltaan tason 1 alle jäävästä ruoppausmassasta aiheutuvia haittoja voidaan pitää kemiallisen laadun puolesta meriympäristölle merkityksettöminä. Ruoppausmassa on mereen läjityskelpoista.
- **Taso 2:** haitta-ainepitoisuuksiltaan tason 2 ylittävä ruoppausmassa on pilaantunutta ja se on pääsääntöisesti mereen läjityskelvotonta.
- **Harmaa alue:** haitta-ainepitoisuuksiltaan tasojen 1 ja 2 väliin jäävä ruoppausmassa on mahdollisesti pilaantunutta. Ruoppausmassan mereen läjityskelpoisuus on arvioitava tapauskohtaisesti.

Taulukko 4. Laatuksiterientasojen 1 ja 2 mukaiset normalisoidut pitoisuudet (Ympäristöministeriö 2004).

Aine	Taso 1	Taso 2
	mg/kg kuiva-ainetta	mg/kg kuiva-ainetta
Elohopea, Hg	0,1	1
Kadmium, Cd	0,5	2,5
Kromi, Cr	65	270
Kupari, Cu	50	90
Lyijy, Pb	40	200
Nikkeli, Ni	45	60
Sinkki, Zn	170	500
Arseeni, As	15	60
Naftaleeni	0,01	0,1
Antraseeni	0,01	0,1
Fenantreeni	0,05	0,5
Fluoranteeni	0,3	3
Bentso(a)antraseeni	0,03	0,4
Kryseeni	1,1	11
Bentso(k)fluoranteeni	0,2	2
Bentso(a)pyreeni	0,3	3
Bentso(g,h,i)peryleeni	0,8	8
Indeno(123-cd)pyreeni	0,6	6
Mineraaliöljy	50	1500
	µg/kg kuiva-ainetta	µg/kg kuiva-ainetta
PCB-28	1	30
PCB-52	1	30
PCB-101	4	30
PCB-118	4	30
PCB-138	4	30
PCB-153	4	30
PCB-180	4	30
Tributyylitina (TBT)	3	200

## 4.2 Telakat ja talvisäilytysalueet

### 4.2.1 Telakat

Venetelakoilla, veneiden talvisäilytysalueilla ja venesatamissa ympäristötutkimusten tarve on tullut ajankohtaiseksi esimerkiksi venesatamien kunnossapitoruoppausten yhteydessä tai telakka-alueena toimineen kiinteistön maankäyttömuodon muututtua. Varsinaisilla venetelakoilla on Suomessa tämän hetkisen tiedon mukaan tehty ympäristötutkimuksia vain 1–2 kohteessa. Koska kuitenkin vene- ja laivatelakoilla sekä veneiden talvisäilytysalueilla on käytössä pitkälti samat kemikaalituotteet, voidaan olettaa että maaperän ja sedimentin pilaantumista on tapahtunut kohteissa samoista haitta-aineista. Sedimenttitutkimuksia on Suomessa tehty laivatelakoiden ja venesatamien edustoilla, muutaman talvisäilytysalueen edustalla sekä lisäksi rannikkoalueilla on tehty joitakin laajempia sedimenttikartoituksia.



Taulukkoon 5 on koottu muutamia laivatelakoilla tehtyjen maaperätutkimusten tuloksia ja tulokset esitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa. Helsingin talvisäilytysalueiden tulokset on koottu liitteen 5 taulukoihin 11 ja 12. Telakoiden ja venesatamien edustoilla tehtyjen sedimenttitutkimusten tulokset käsitellään omana aihealueenaan kohdassa 4.3. Esimerkkikohteena olleen venetelakan ympäristötutkimusten tulokset käsitellään erikseen luvussa 5.

Taulukko 5. Eräitä laivatelakoilla tehtyjä maaperätutkimuksia, tutkimuksissa ilmenneet korkeimmat haitta-aineiden pitoisuudet. Taulukossa käytetyt lyhenteet ja lähteet on esitetty taulukon alapuolella.

Haitta-aineet		Vehko- saari <sup>1</sup>	Mansikka- saari <sup>2</sup>	Repo- saari <sup>3</sup>	Suomen- linna <sup>4</sup>	Vuo- saari <sup>5</sup>
Epäorgaaniset haitta-aineet, mg/kg						
Pb	max pitoisuus *	2 888	3 051	551	2 130	761
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.**	7/2	53/ 20	1/0	12/4	9/1
	tutkimuspist./näytteitä ***	13/17	65/188	8/8	20/51	153/275
Cu	max pitoisuus	70	-	182	1 130	2 800
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	0/0	-	1/0	4/3	58/53
	tutkimuspist./näytteitä	13/17	-	8/8	20/51	153/256
Zn	max pitoisuus	437	-	443	1 420	2 840
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	1/1	-	2/1	11/9	61/48
	tutkimuspist./näytteitä	13/17	-	8/8	20/51	153/275
As	max pitoisuus	207	-	< 10	10	390
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	2/2	-	0/0	0/0	14/4
	tutkimuspist./näytteitä	13/17	-	8/8	20/51	153/275
Cd	max pitoisuus	-	-	< 1	-	4,3
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	-	-	0/0	-	0/0
	tutkimuspist./näytteitä	-	-	8/8	-	153/275
Cr	max pitoisuus	-	-	30	1 110	4 600
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	-	-	0/0	5/4	49/35
	tutkimuspist./näytteitä	-	-	8/8	20/51	153/275
Co	max pitoisuus	-	-	6	-	2 200
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	-	-	0/0	-	46/32
	tutkimuspist./näytteitä	-	-	8/8	-	153/275
Hg	max pitoisuus	-	-	-	1	0,6
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	-	-	-	-	0/0
	tutkimuspist./ näytteitä	-	-	-	5/5	75/106
Ni	max pitoisuus	-	-	18	164	1 092
	>alempi o.a./ >ylempi o.a.	-	-	0/0	4/2	45/41
	tutkimuspist./näytteitä	-	-	8/8	20/51	153/275
Orgaaniset haitta-aineet, mg/kg						
Mineraali- öljy	max pitoisuus	-	-	-	-	1 400
	Tutkimuspist./näytteitä	-	-	-	-	45/54
Bensiini	max pitoisuus	-	-	24	< 30	
	>alempi o.a. / >ylempi oa	-	-	0/0	0/0	
	tutkimuspist./näytteitä	-	-	6/7	1/1	
Diesel	max pitoisuus	-	-	3 896	190	
	>alempi o.a. / >ylempi oa	-	-	5/4	0/0	
	tutkimuspist./näytteitä	-	-	6/7	1/1	
Voiteluöljy	max pitoisuus	-	-	7 020	340	
	>alempi o.a. / >ylempi oa	-	-	4/3	0/0	
	tutkimuspist./näytteitä	-	-	6/7	1/1	

Lähteet: <sup>1</sup> Suomen IP-Tekniikka Oy 2004, <sup>2</sup> Suomen IP-Tekniikka Oy 1998,  
<sup>3</sup> Ramboll Finland Oy 2004, <sup>4</sup> Suomen IP-Tekniikka Oy 2000; 2006,  
<sup>5</sup> Piilo 2000, Suomen IP-Tekniikka Oy 2004

Lyhenteet: \* Haitta-aineen korkein pitoisuus  
 \*\* Alemman ohjearvopitoisuuden ylittäneiden näytteiden lukumäärä/  
 ylemmän ohjearvopitoisuuden ylittäneiden näytteiden lukumäärä  
 \*\*\* Tutkimuspisteiden lukumäärä/ näytteiden lukumäärä

### **Vehkosaaren entinen telakka, Hollola**

Hollolan kunnassa Vehkosaassa toimi telakka 1960-luvun loppupuolelle saakka. Telakalla on rakennettu ja huollettu puisia proomuja sekä huollettu teräsrakenteisia hinaajia. Proomuja on pintakäsitelty muun muassa tervalla ja kreosoottiöljyllä. Telakka-alueen maaperä on pintahumuskerroksen alla pääosin hiekkaa tai siltistä hiekkaa ja saaren korkeammissa osissa soraa. Telakan alueella tehtiin maaperä- ja pohjavesitutkimuksia vuonna 2004 (Suomen IP-Tekniikka Oy 2004a). Maanäytteitä otettiin 13 eri tutkimuspisteestä yhteensä 17 näytettä. Näytteitä otettiin proomujen huoltoalueelta, maalattiapohjaisesta naulapajasta, mahdollisen tervavaraston kohdalta sekä alueelta, jossa on sijainnut telakointikiskot. Näytteistä analysoitiin kentällä haihtuvat hiilivedyt ja raskasmetallit (Pb, As, Zn, Cu). Lisäksi alueella sijaitsevasta kaivosta otettiin vesinäyte. (Suomen IP-Tekniikka Oy 2004a).

Kentällä suoritetuissa mittauksissa havaittiin valtioneuvoston asetuksen 214/2007 kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia lyijyä 11 näytteestä ja näissä alempi ohjearvo ylittyi seitsemässä näytteessä. Ylempi ohjearvo ylittyi kahdessa näytteessä ja korkein mitattu lyijypitoisuus oli 2 888 mg/kg. Arseenin kynnysarvo ylittyi viidessä näytteessä ja näistä ylempi ohjearvo ylittyi kahdessa näytteessä, korkein arseenipitoisuus oli 207 mg/kg. Kohonneita sinkkipitoisuuksia havaittiin neljässä tutkimuspisteessä, alempi ohjearvo ylittyi kolmessa ja ylempi ohjearvo yhdessä tutkimuspisteessä. Korkein sinkkipitoisuus oli 437 mg/kg. Kohonneet arseeni- ja sinkkipitoisuudet havaittiin samoissa näytteissä, joissa lyijypitoisuudet olivat koholla. Kuparipitoisuudet jäivät kaikissa näytteissä alle kynnysarvon. Näytteissä ei havaittu helposti haihtuvia hiilivetyjä eli VOC-yhdisteitä (*volatile organic compounds*) ja kaivovedessä ei esiintynyt raskasmetalleja. Korkeimmat maaperän haitta-ainepitoisuudet keskittyivät orgaanisen pintakarikkeen alaosaan sekä karikkeen alla olevan mineraalimaan pintaosaan (10–30 cm). Haitta-aineista pilaantuneita alueita olivat proomujen huolto-alue, telakkakiskojen alue sekä naulapajan maalattiapohja. (Suomen IP-tekniikka 2004a).

### **Mansikkasaaren entinen telakka, Vaasa**

Vaasan mansikkasaassa on toiminut laivojen rakennus- ja korjaustelakka vuosina 1840–1982. Telakka-alueella on tehty maaperätutkimuksia vuonna 1996 ja 1998. Kiinteistön maaperä koostuu hiekasta tai siltistä, jonka alla on savikerros. Paikoitellen kiinteistöllä on myös täyttömaata. Vuoden 1996 maaperätutkimuksissa telakan alueelta mitattiin kohonneita elohopea-, kupari- ja mineraaliöljypitoisuuksia kahdessa maanäytteessä sekä korkea lyijypitoisuus yhdessä näytteessä. (Suomen IP-tekniikka Oy 1998). Vuonna 1998 maanäytteitä otettiin 64 tutkimuspisteestä, yhteensä 118 näytettä. Näytteistä analysoitiin kentällä lyijypitoisuus sekä haihtuvien yhdisteiden summapitoisuudet. Kolmesta näytteestä mitattiin kentällä myös öljypitoisuudet. Tehtyjen tutkimusten perusteella voimakkaimmin lyijystä pilaantunut alue sijaitsee alueella, jossa on harjoitettu laivojen hiekkapuhallusta. Lyijypitoisuus vaihteli tutkimusalueella välillä 0–2 488 mg/kg ja pilaantuneisuus ulottui maaperän pintakerroksesta noin puolen metrin syvyyteen saakka. Öljypitoisuudet jäivät tutkimuspisteissä alle alemman ohjearvon, pitoisuuksien vaihdellessa välillä 0–200 mg/kg. (Suomen IP-tekniikka Oy 1998).

### **Reposaaren konepaja, Pori**

Porin Reposaaren vanhan konepaja-alueen toimintahistoriaa ja maaperän tilaa selvitetiin vuonna 2004 (Ramboll Finland Oy). Alueella on ollut teollista toimintaa, kuten satama-, konepaja- ja laivanrakennustoimintaa 1900-luvun alusta saakka. Vuosina 1941–1975 alueella on ollut laivanrakennustoimintaa, pääasiassa komposiitti- ja teräsrakenteisten sotakorvausalusien, kuten proomujen rakentamista.

1990-luvulta lähtien alueella on harjoitettu vanhojen puulaivojen korjaus- ja säilytystoimintaa. Konepajan/ laivaveistämön toiminnasta on jäljellä laivojen betonirakenteinen poikittaissuuntainen vesillelaskupaikka, alusten vesillelaskuramppi, levyhalli, puutavaravarasto, muuntamo- ja kompressorirakennukset ja tervaamora-kennus. Alueella on myös luultavasti ollut öljyn varastointialue 1930–1940-luvulla. Alueen pohjamaa on savea, jonka päällä on purjealusten painolastihiekasta (siltti/hienohiekka, kalkkikiven palasia) koostuvaa täyttömaata. (Ramboll Finland Oy 2004a).

Alueelta otetuista 16 maanäytteestä (15 tutkimuspistettä) analysoitiin laboratoriossa raskasmetallit (8 näytettä), PAH-yhdisteet (1 näyte) ja öljyhiilivetyyhdisteet (8 näytettä). Alusten maalaamiskäytössä olleelta alueelta otettiin kaksi maanäytettä ja niissä lyijyn pitoisuus vaihteli välillä 16–109 mg/kg ja sinkin välillä 65–340 mg/kg. Kuparin pitoisuus näytteissä oli alhainen (6–14 mg/kg). Alusten poikittaislaskupaikalla (kaksi maanäytettä) lyijyn pitoisuus vaihteli välillä 127–551 mg/kg, sinkin 141–443 mg/kg ja kuparin 93–182 mg/kg. Kohonneita lyijypitoisuuksia esiintyi myös puretun konepajarakennuksen ja galvanointialueen kohdalta otetuissa näytteissä, mutta pitoisuudet jäivät alle alemman ohjearvon. Läheltä purettua konepajarakennusta ja levyhallia sekä mahdollisen polttoainesäiliön läheisyydessä mitattiin korkeita öljyhiilivetyjen pitoisuuksia. Korkeimmat pitoisuudet olivat dieselöljyjakeilla (C<sub>11</sub>–C<sub>23</sub>), joiden pitoisuus vaihteli välillä 1 630–3 896 mg/kg ja voiteluöljyjakeilla (C<sub>24</sub>–C<sub>35</sub>), joiden pitoisuus vaihteli välillä 555–7 020 mg/kg. Tervaamorakennuksen kohdalta otetusta maanäytteestä analysoitiin PAH-yhdisteet. Kokonais-PAH-pitoisuus (16 yhdistettä) oli näytteessä 3,5 mg/kg, joka jää alle alemman ohjearvon (15 mg/kg). Korkeimmat raskasmetallipitoisuudet esiintyivät maan ylimmässä 50 cm:n syvyyteen ulottuvassa kerroksessa. Pilaantuneisuus öljyhiilivedyistä ulottui paikoittain kolmen metrin syvyyteen. (Ramboll Finland Oy 2004a).

### **Suomenlinnan kuivatelakka, Helsinki**

Helsingin Suomenlinnassa sijaitsee Suomen vanhin allastelakka, jonka rakentaminen aloitettiin jo vuonna 1749. Telakka-altaassa on rakennettu, korjattu ja säilytetty laivoja. Nykyisin alueella harjoitetaan vanhojen puulaivojen kunnostus- ja korjaustoimintaa sekä talvisäilytystä. Telakka-alueella on harjoitettu hiekkapuhallusta ja hiekkapuhallushiekkaa on käytetty rannan täytössä. (Hakuli 2000). Telakalla tehtiin maaperätutkimuksia vuonna 2000 (Hakuli 2000) ja 2005 (Suomen IP- tekniikka Oy 2006b). Vuoden 2000 ympäristötutkimuksessa telakka-alueelta otettiin maanäytteitä 17 tutkimuspisteestä. Alueen maaperä on pintahumuksen alla hiekkaa tai soraa, jonka alla on savikerros. Tutkimuksissa havaittiin maaperän pilaantuneen (suluissa pitoisuuden vaihteluväli) lyijyllä (10–2 130 mg/kg), sinkillä (8–1 420 mg/kg), kuparilla (0–1 130 mg/kg), kromilla (0–317 mg/kg) ja nikkelillä (0–164 mg/kg). Lisäksi kynnysarvoylityksiä havaittiin elohopealla ja arseenilla. Pilaantuneisuus ulottui monin paikoin pohjamaahan saakka. (Hakuli 2000). Vuonna 2005 telakan alueelta otettiin maanäytteitä kolmesta eri pisteestä alueelle rakennettavan hallin ympäristöstä. Näytteistä mitattiin ylemmät ohjearvot ylittäviä pitoisuuksia kromia ja kuparia, alemman ohjearvon ylittävä pitoisuus lyijyä sekä kohonneita elohopea- ja arseenipitoisuuksia. (Suomen IP-tekniikka Oy 2006b).

### **Vuosaaren telakka, Helsinki**

Vuosaaren telakka on ollut laivanrakennuskäytössä vuosina 1974–1987. Telakalla on rakennettu, maalattu ja korjattu laivoja pääasiassa Neuvostoliiton tilauksiin. Alueella on sijainnut muun muassa: runkohalli, jossa on valmistettu ja koottu laivanosia sekä maalattu ja hiekkapuhallettu aluksia sekä varusteluhalli, jossa on

muun muassa lakattu aluksia. (Piilo 2000). Vuodesta 1987 lähtien alueella on ollut korjaustelakka sekä pienveneyrittäjiä ja muuta teollista toimintaa. (Valkonen 2005).

Vuosaaren telakka-alueella tehtiin maaperän tilan ennakkotutkimuksia vuosina: 1997–1998, 2000 (Piilo 2000), 2001 (Golder Associates Oy 2001), 2002 (Lintinen 2003) ja 2003–2004 (Suomen IP-tekniikka Oy 2004c). Telakka-alue oli tuolloin pääosin sorapintaista kenttää ja hallirakennusten ympäristössä maanpinta oli asfaltoitu. Täyttökerros oli paksuimmillaan 2,5–3,0 metriä. (Piilo 2000). Vuosien 1997–1998 aikana tehdyissä ennakkotutkimuksissa telakka-alueen havaittiin olevan pilaantunut raskasmetalleista ja arseenista. Pääosa metallipitoisesta maasta sijoittui sinkkaamorakennuksen läheisyyteen. Vuoden 2000 maaperätutkimuksissa näytteitä otettiin yhteensä 35 tutkimuspisteestä. Näytteistä analysoitiin alkuaineet sekä viidestä näytteestä lisäksi VOC-yhdisteet. Maanäytteistä löytyi korkeita metallipitoisuuksia 18 tutkimuspisteestä (suluissa korkein pitoisuus): kuparia (2 537 mg/kg), sinkkiä (2 127 mg/kg), lyijyä (761 mg/kg), arseenia (147,3 mg/kg), nikkeliä (1 092 mg/kg), kromia (1 239 mg/kg) ja kadmiumia (1,7 mg/kg). Täysin puhtaita näytteitä oli ainoastaan kolmessa tutkimuspisteessä. Haitta-aineita esiintyi sinkkaamorakennuksen lähistöllä aina kolmen metrin syvyyteen asti, muualla kohonneet pitoisuudet olivat noin metrin paksuisessa pintakerroksessa. Alueella oli paikoin jätetäyttöä, josta löytyi muun muassa täysinäisiä maalitynnyreitä ja näytteistä analysoitiin korkeimmat haitta-ainepitoisuudet sekä VOC-yhdisteistä ksyleeniä. (Piilo 2000).

Vuonna 2001 telakka-alueen riskinarvioinnin yhteydessä tehtiin lisätutkimuksia muun muassa maalijätteen läjitysalueella. Näytteitä otettiin 10 tutkimuspisteestä yhteensä 24 kappaletta. Lisäksi otettiin kaksi merivesinäytettä noin metrin päästä rannasta (20 cm syvyydeltä) ja neljä pohjavesinäytettä. Näytteistä analysoitiin raskasmetallit ja tina, sekä muutamasta näytteestä VOC-yhdisteet ja mineraaliöljyt. Maalijätteen läjitysalueelta/hiekkapuhallusalueelta mitattiin korkeita pitoisuuksia (suluissa korkein pitoisuus) kobolttia (2 200 mg/kg), kromia (1 200 mg/kg), kuparia (2 800 mg/kg), nikkeliä (1 600 mg/kg), sinkkiä (1 700 mg/kg) ja lyijyä (380 mg/kg) aina kolmen metrin syvyydeltä asti. VOC-yhdisteistä bentseenin (0,8 mg/kg) ja ksyleenin (3,0 mg/kg) pitoisuudet olivat koholla. Mineraaliöljypitoisuus oli korkea (1 400 mg/kg) syvyydellä 2–3 metriä. Puhallushiekkaa esiintyi tutkimuspisteestä riippuen 0,3–3,2 metrin syvyyteen saakka. Täyttömaa koostui pääasiassa hiekasta, kivistä ja rakennusjätteestä, mutta seassa oli myös kuivuneita maaliastioita. Maalijätteen läjitysalueelta otetuista kahdesta pohjavesinäytteestä toisesta löytyi hieman koholla olevia raskasmetallipitoisuuksia: nikkelin pitoisuus ylitti talousveden laadulle asetetun raja-arvon pitoisuudella 25 µg/l. Näytteestä todettiin myös hieman kohonnut MTBE-pitoisuus (0,5 µg/l). Telakka-altaan lähiympäristössä raskasmetallien, kuten koboltin (700 mg/kg), kromin (1 000 mg/kg), kuparin (1 200 mg/kg), nikkelin (440 mg/kg) ja sinkin (1 400 mg/kg) pitoisuudet olivat korkeita. Tinapitoisuudet olivat telakka-alueen lähiympäristössä alhaisia, jonka perusteella arvioitiin että alueella ei esiinny myöskään orgaanisia tinayhdisteitä. (Golder Associates Oy 2001).

Vuosina 2003 ja 2004 telakka-alueella tehtiin täydentäviä maaperä- ja pohjavesitutkimuksia (Suomen IP-tekniikka Oy 2004c). Maanäytteitä otettiin 202 tutkimuspisteestä yhteensä 446 näytettä. Kaikista näytteistä analysoitiin kentällä raskasmetallipitoisuudet. Muutamasta näytteestä analysoitiin öljyhiilivedyt, PCB-yhdisteet, tributyylitina sekä elohopea. Lisäksi otettiin kolme pohjavesinäytettä. Raskasmetalleilla pilaantunutta maa-ainesta todettiin olevan eri puolilla tutkimus-aluetta. Tutkimuksissa ei todettu maaperän pilaantumista TBT:n, PCB- tai VOC-yhdisteiden osalta. (Suomen IP-tekniikka Oy 2004c).

Vuosaaren telakka-alueella on edellä esiteltujen ennakkotutkimusten jälkeen tehty lukuisia maaperätutkimuksia muun muassa alueen kunnostamisen yhtey-

dessä. Tutkimuksissa maaperästä on löytynyt korkeampiakin haitta-aineiden pitoisuuksia kuin edellä on esitetty. Lisäksi esimerkiksi tributyylitinaa ja PCB-yhdisteitä on esiintynyt korkeitakin pitoisuuksia. (Golder Associates Oy 2007; Stenvall 2007).

#### 4.2.2 Talvisäilytysalueet

##### **Sutinrannan entinen veneiden talvisäilytysalue, Parainen**

Paraisten keskustan läheisyydessä, vesistön äärellä, on toiminut 1970–1990-luvuilla venekerhon jäsenilleen tarjoama veneiden kunnostus- ja talvisäilytysalue. Kiinteistön alueella on säilytetty ja kunnostettu veneitä kahden maalattipohjaisen rakennuksen sisällä sekä pihalla olevalla hiekkakentällä. Alueella on ollut myös polttonesteiden jakelupiste 1970-luvun alussa. Kohteessa tehtiin maaperätutkimuksia vuonna 2004 (Ramboll Finland Oy 2004b) liittyen suunnitteilla olevaan asuntoalueeseen. Tutkimusalueella on noin 0,5 metriä paksun hiekasta ja sorasta koostuvan täyttömaan alla savea. Maanäytteitä otettiin kymmenestä tutkimuspisteestä pinta- ja pohjamaasta. Näytteitä otettiin talvisäilytyskäytössä olleiden rakennusten maalattipohjista, hiekkakentän alueelta sekä polttonesteiden jakelupisteen kohdalta. Yhteensä 20 näytteen raskasmetallipitoisuudet (Cu, Pb, Zn) analysoitiin kentällä ja kuudesta näytteestä analysoitiin laboratoriossa öljyhiilivedyt ja orgaanisista liuottimista propyleeniglykoli. (Ramboll Finland Oy 2004b).

Korkeimmat raskasmetallien pitoisuudet esiintyivät maalattipohjaisten rakennusten pintamaassa (0–10 cm): lyijyn korkein pitoisuus oli 1 500 mg/kg, kuparin 1 144 mg/kg ja sinkin 393 mg/kg. Myös piha-alueella mitattiin paikoitellen korkeita raskasmetallien pitoisuuksia: lyijyä 608 mg/kg, kuparia 1 141 mg/kg ja sinkkiä 569 mg/kg. Öljyhiilivetyjen pitoisuudet olivat hieman koholla polttonesteiden jakelupisteen läheisyydessä, mutta pitoisuudet jäivät alle alempien ohjearvopitoisuuksien: kokonaishiilivetyypitoisuus oli 160 mg/kg (92 % jakeista bensiniä). Kahdesta näytteestä analysoitiin propyleeniglykolin pitoisuus, joka jäi näytteissä alle määrittäjäpitoisuuden (<10 mg/kg). (Ramboll Finland Oy 2004b).

##### **Gammelbackan veneiden talvisäilytysalue, Porvoo**

Porvoon Gammelbackan venesataman yhteydessä on veneiden talvisäilytysalue, jossa tehtiin maaperän pilaantuneisuustutkimuksia vuonna 2007 (Suomen IP-tekniikka Oy). Talvisäilytysalueelta otettiin maanäytteitä kahdeksasta tutkimuspisteestä pinta- ja pohjamaasta. Yhteensä 24 näytteestä mitattiin kentällä raskasmetallit ja viidestä öljyhiilivetyjen kokonaispitoisuus. Laboratoriossa analysoitiin raskasmetallit (7 näytettä), elohopea (7 näytettä), öljyhiilivedyt (6 näytettä), PAH-yhdisteet (4 näytettä), VOC-yhdisteet (1 näyte), PCB-yhdisteet (1 näyte) ja orgaaniset tinayhdisteet (2 näytettä). Yhdessä näytteessä (0,5–1,5 m) ylittyi fenantreenin (58,3 mg/kg) ja fluoranteenin (83,3 mg/kg) alemmat ohjearvot. Yhdessä näytteessä (1,5–2,5 m) ylittyi öljyhiiliyhdisteiden ylemmät ohjearvot: kevyitä jakeita 540 mg/kg, keskitiskeitä 5 000 mg/kg ja raskaita jakeita 2 200 mg/kg. Lisäksi yhdessä näytteessä (0–50 cm) ylittyi kuparin ylempi ohjearvo pitoisuudella 300 mg/kg. Sinkin (330 mg/kg) ja lyijyn (200 mg/kg) pitoisuudet ylittivät alemman ohjearvon yhdessä näytteessä. Orgaanisista tinayhdisteiden pitoisuudet jäivät alle kynnysarvopitoisuuden. Tributyylitinan pitoisuus vaihteli näytteissä välillä 3–5 µg/kg. Toisessa näytteessä määrittäjärajan (0,001 µg/kg) ylitti lisäksi tetrabutyylitina pitoisuudella 8 µg/kg ja difenyylitina pitoisuudella 1 µg/kg. (Suomen IP-tekniikka Oy 2007).

## Helsingin kaupungin veneiden talvisäilytysalueet

Helsingin kaupunki on kartoittanut vuosina 2003–2005 kaupungin omistamien venesatamien ja veneiden talvisäilytysalueiden maaperän ja sedimentin tilaa (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004; 2005). Tämän lisäksi ympäristötutkimuksia on tehty aiemmin kolmella talvisäilytysalueella (Viatak 1999a; 1999b; 1999c; Paavo Ristola Oy 2003). Vuosien 2003–2005 aikana maaperänäytteitä kerättiin 21 eri kohteesta yhteensä yli 125 tutkimuspisteestä. Yhteensä analysoitiin lähes 220 näytettä. Pintamaanäytteet otettiin kaikista tutkimuspisteistä pääsääntöisesti syvyydeltä 0–0,5 metriä ja pohjamaanäytteet syvyydeltä 2,5–3,5 metriä. Näytteistä analysoitiin raskasmetallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, V, Sn, Sb, Hg), PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet, VOC-yhdisteet, öljyhiilivety-yhdisteet sekä viidestä kohteesta, kustakin yhdestä tutkimuspisteestä, orgaaniset tinayhdisteet. Lisäksi 13 kohteeseen asennettiin yhteensä 15 pohjavesiputkea. Pohjavesinäytteistä analysoitiin raskasmetallit, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet ja VOC-yhdisteet. Liitteen 5 taulukoihin 11 ja 12 on koottu kustakin tutkimuskohteesta mitatut korkeimmat haitta-ainepitoisuudet. Seuraavaksi käsitellään vuosina 2003–2005 tutkituista kohteista yksi esimerkkitapaus (Pikku Kallahden veneiden talvisäilytysalue). Loput kohteet on esitelty liitteestä 6.

Pikku Kallahden veneiden talvisäilytysalueen maaperä on noin kolme metriä paksun täytemaakerroksen alla savea/silttiä, jota on 2–7 metriä. Alueelta otettiin maanäytteitä seitsemästä tutkimuspisteestä yhteensä 12 näytettä. Kahdesta pintamaanäytteestä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet (TBT, TPT). Alueelle asennettiin myös pohjavesiputki, josta otettiin pohjavesinäyte. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2005).

Kolmessa pintamaanäytteessä mitattiin kohonneita raskasmetallipitoisuuksia: kuparia (240 mg/kg), lyijyä (110 mg/kg) ja arseenia (13 mg/kg). VOC-yhdisteistä tetrakloorieteenin ylempi ohjearvo ylittyi yhdessä pohjamaanäytteessä pitoisuudella 13 mg/kg sekä bentseenin kynnysarvo pitoisuudella 0,1 mg/kg. Lisäksi yhdessä pintamaanäytteessä ylittyi bentseenin kynnysarvo pitoisuudella 0,2 mg/kg. PCB-yhdisteiden pitoisuudet olivat koholla kahdessa pintamaanäytteessä, joissa yksittäisistä PCB-kongeneereista korkeimmat pitoisuudet olivat kongeneereilla: PCB-52 94 µg/kg, PCB-101 61 µg/kg ja PCB-118 46 µg/kg. Orgaanisten tinayhdisteiden pitoisuudet eivät ylittäneet niille asetettua kynnysarvoa. Tributyyliitinan pitoisuus oli maan pintaosassa 11 µg/kg ja pohjamaassa 14 µg/kg. Trifenyylitinan pitoisuus jäi näytteissä alle määritysrajan (<10 µg/kg). PAH-yhdisteistä fluoranteenin, bentso(a)pyreenin ja bentso(b+k)fluoranteenin pitoisuudet ylittivät lievästi kynnysarvon neljässä pintamaanäytteessä. Pikku Kallahteen asennetusta pohjavesiputkesta otetusta näytteestä mitattiin talousveden kemiallisen laatuvaatimukset (STM 461/2000) ylittävä pitoisuus nikkeliä (57 µg/l). Koholla olivat myös PAH-yhdisteistä naftaleenin (0,3 µg/l) ja 2-metyylinaftaleenin pitoisuudet (0,2 µg/l) sekä VOC-yhdisteistä MTBE:n pitoisuus (1,1 µg/l). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2005).

## 4.3 Venesatamat ja muut sedimenttitutkimukset

Suomessa on tehty sedimenttitutkimuksia pääasiassa laivatelakoiden ja satamien edustoilla. Venetelakoiden edustoilla ei esimerkkitelakkaa lukuun ottamatta ole tämän hetkisen tietämyksen mukaan tehty sedimenttitutkimuksia. Taulukkoon 6 on koottu joitakin telakoilla ja venesatamissa tehtyjä sedimenttitutkimusten tuloksia. Taulukossa on esitetty korkeimmat pitoisuudet epäorgaanisia ja orgaanisia haitta-aineita. Seuraavissa kappaleissa kohteet on kuvattu tarkemmin.

Taulukko 6. Eräitä telakoilla ja venesatamissa toteutettuja sedimenttitutkimuksia ja tutkimuksissa esiintyneitä korkeimpia haitta-aineiden pitoisuuksia. Käytetyt lähteet on esitetty taulukon alapuolella.

Haitta-aineet	Telakka, Vuosaari <sup>1</sup>	Telakka, Suomenlinna <sup>2</sup>	Telakka, Hietalahti <sup>3</sup>	Venesatama, Porvoo <sup>4</sup>	Venesatamat, Espoo <sup>5</sup>	Venesatamat, Helsinki <sup>6</sup>
Epäorgaaniset haitta-aineet, korkein pitoisuus, mg/kg						
Pb	72	410	210	19	28	27
Cu	205	160	110	44	37	100
Zn	230	280	250	170	145	210
Cr	141	71	61	60	63	69
Co	-	13	13	16	16	11
Ni	86	34	22	36	37	34
Hg	0,2	1,9	1,4	0,06	<0,1	0,1
Orgaaniset haitta-aineet, korkein pitoisuus, mg/kg						
TBT	9	0,4	1,5	0,02	0,03	0,5
TPT	1,5	0,4	0,4	<0,001	<0,001	0,1
PAH-yht.	-	-	-	1	-	-
PCB	2,6	-	-	0,002	<määr.rajan	-
C10-C21	197	-	-	-	50	-
C22-C40	42	-	-	-	220	-

Lähteet:

<sup>1</sup> Niinimäki ja Piispanen 2003, <sup>2</sup> Autio 2004, <sup>3</sup> Autio 2004,

<sup>4</sup> Suomen IP-Tekniikka Oy 2007, <sup>5</sup> Pöyry Environment Oy 2006, <sup>6</sup> Autio 2004

#### 4.3.1 Vuosaaren telakka, Helsinki

Vuonna 2003 löytyi Vuosaaren sataman rakennushankkeeseen liittyvien ruoppaus- töiden yhteydessä sataman edustan sedimentistä korkeita pitoisuuksia tributyyli- ja trifenyyli- ja PCB-yhdisteitä (VUOSA 2004). Alueella on sijainnut allaste- lakan lisäksi uivia telakoita. Haitta-ainepäästöjen arvioidaan olevan pääasiassa pe- räisin uivista telakoista. Päästöt syntyivät kun telakoiden pohjia ei aina puhdistettu huolella ennen telakoiden laskemista takaisin veteen, jolloin veden virtaukset kul- jettivat maalijätteet ympäristöön. Vuosaaren telakkatoiminta päättyi vuonna 2004. (Valkonen 2005).

Satama-alueella tehdyissä ennakkosedimenttitutkimuksissa (Niinimäki & Piispanen 2003) näytteitä otettiin yli 90 tutkimuspisteestä. Näytteet otettiin syvyy- deltä: 0–10 cm, 10–20 cm ja 20–30 cm. Lisäksi kahdeksasta tutkimuspisteestä otet- tiin näytteet syvyydeltä: 50–100 cm, 100–150 cm ja 150–200 cm. Osasta näytteitä analysoitiin orgaanisten tinayhdisteiden lisäksi PCB-yhdisteet, öljyhiilivedyt (THC eli kokonaishiilivetyanalyysi), raskasmetallit ja arseeni. Orgaanisista tinayhdisteis- tä runsaimpana esiintyi tributyyli- ja kahta näytettä lukuun ottamatta. Pintasedi- mentin (0–10 cm) normalisoitu TBT-pitoisuus ylitti kaikissa sataman ruoppausalu- een havaintopaikoissa tason 1. Taso 2 ylittyi Niinilahden eteläosassa sekä telakan ympäristössä noin 600–800 metriä telakasta poispäin. Korkein TBT-pitoisuus oli 9 150 µg/kg (15 605 norm.µg/kg) ja se mitattiin syvyydeltä 20–50 cm tutkimuspis- teestä, jonka alueella on sijainnut uiva telakka. Korkeat TBT-pitoisuudet esiintyivät lähes koko alueella 0–20 cm sedimenttikerroksessa. Trifenyyli- eli TPT- pitoisuudet olivat TBT-pitoisuuksia alhaisempia kahta näytettä lukuun ottamatta. Korkein normalisoitu TPT-pitoisuus oli 3 100 norm.µg/kg (930 µg/kg). TPT- pitoisuudet esiintyivät pääsääntöisesti samoissa näytteissä kuin korkeat TBT- pitoisuudet. TBT:n hajoamistuotteiden, mono- ja dibutyyli- eli MBT:n pitoisuudet olivat selvästi TBT-pitoisuuksia alhaisemmat. Korkein normalisoitu monobutyyli- eli MBT-pitoisuus oli 730 norm.µg/kg (231 µg/kg), kun dibutyyli- eli DBT:n kor- kein normalisoitu pitoisuus oli 1 912 norm.µg/kg (605 µg/kg). Dibutyyli- eli DBT:n esiin- tyi pääsääntöisesti runsaammin kuin monobutyyli- eli MBT:n. Tetrabutyyli- eli TeBT- pitoisuus oli 160 norm.µg/kg (50,7 µg/kg). Mono-oktyyli- eli OKT:n ja dioktyyli- eli DiOKT:n

esiintyi vain pieninä pitoisuuksina satunnaisesti ja trisykloheksyyliä ei todettu näytteissä lainkaan. (Niinimäki & Piispanen 2003).

Korkeimmat PCB:n pitoisuudet esiintyivät samoissa tutkimuspisteissä ja samoissa sedimenttikerroksissa (0–20 cm) kuin korkeat TBT-pitoisuudet. Lähes kaikissa tutkimuspisteissä esiintyi kongeneerikohtaisia tason 1 ylittäviä pitoisuuksia PCB:tä. Telakan edustalta noin 600 metrin päähän ulottuvalla alueella mitattiin tason 2 ylittäviä kongeneerikohtaisia PCB-pitoisuuksia. Runsaimpana esiintyi kongeneeri PCB-138 ja sen korkein normalisoitu pitoisuus oli 347 norm.µg/kg (104 µg/kg). (Niinimäki & Piispanen 2003).

Kokonaishiilivetyypitoisuus ylitti mineraaliöljyä koskevan kriteeritason 1 kolmessa tutkimuspisteessä telakka-alueen edustalla. Korkein normalisoitu kokonaishiilivetyypitoisuus oli 409 norm.mg/kg (240 mg/kg). Raskasmetalleista kupari ylitti tason 2 kahdessa tutkimuspisteessä. Kuparin korkein normalisoitu pitoisuus oli 175 norm.mg/kg (160 mg/kg). Tason 1 lievästi ylittivät: kadmium 0,6 norm.mg/kg (0,7 mg/kg), kromi 96 norm.mg/kg (141 mg/kg), lyijy 67 norm.mg/kg (72 mg/kg), nikkeli 59 norm.mg/kg (57 mg/kg), sinkki 205 norm.mg/kg (300 mg/kg) ja elohopea 0,2 norm.mg/kg (0,2 mg/kg). Arseenin pitoisuus jäivät alle tason 1 kaikissa näytteissä. Myös korkeimmat raskasmetallien ja öljyhiilivetyjen pitoisuudet esiintyivät yhdessä korkeiden TBT- ja PCB-pitoisuuksien kanssa. (Niinimäki & Piispanen 2003).

Vuosaaren telakan edustalla on ennakkotutkimusten jälkeen tehty lukuisia sedimenttitutkimuksia ja tutkimuksissa on ilmennyt korkeampiakin haitta-aineiden pitoisuuksia kuin edellä on esitetty.

#### 4.3.2 Gammelbackan venesatama, Porvoo

Gammelbacken kotisatamassa Porvoossa tehtiin sedimenttitutkimuksia vuonna 2007 (Suomen IP-Tekniikka Oy), liittyen alueella suoritettaviin rakennustöihin ja ruoppauksiin. Venesatamassa olevan venelaiturin vierestä otettiin näytteitä kahdesta tutkimuspisteestä ja alueelta, johon tarkoitus rakentaa uusi laituri, kerättiin kolme kokoomanäytettä. Näytteitä otettiin syvyydeltä 0–15 cm ja 15–50 cm. Näytteistä analysoitiin raskasmetallit (7 näytettä), elohopea (7 näytettä), TBT ja TPT (7 näytettä), PCB-yhdisteet (5 näytettä) ja PAH-yhdisteet (1 näyte). (Suomen IP-Tekniikka Oy 2007).

Kuudessa sedimenttinäytteessä oli ympäristöministeriön ruoppausmassoille asettamien laatuksiteritasojen 1 ja 2 väliin jääviä pitoisuuksia tributyyliä. Yhdessä tutkimuspisteessä pitoisuudet olivat muita korkeampia: tributyylin pitoisuus oli pintasedimentissä 22 µg/kg (32 norm.µg/kg) ja syvemmällä 13 µg/kg (22 norm.µg/kg). Näytteessä esiintyi runsaimmin monobutyyliä, jonka pitoisuus oli korkein sedimentin pinnassa (31 µg/kg). Muualla venesataman alueella tributyylin pitoisuus vaihteli sedimentin pinnassa välillä 1–3 µg/kg (2–6 norm.µg/kg) ja syvemmällä TBT:n pitoisuus jäi alle määritysrajan. Yhdessä näytteessä oli lisäksi kohonneita PAH-yhdisteiden pitoisuuksia (fenantreeni, antraseeni, bentso(a)antraseeni). (Suomen IP-Tekniikka Oy 2007).

#### 4.3.3 Pienvenesatamien sedimenttitutkimus, Espoo

Espoon kunnan alueella tutkittiin neljän venesataman (Svinö, Sepellahti, Nuottaniemi ja Marinsatama) ympäristön tilaa sedimenttitutkimuksin vuonna 2006 (Pöyry Environment Oy). Sedimenttinäytteitä otettiin kultakin alueelta pisimmän venelaiturin päästä yhdestä tutkimuspisteestä. Näytteet otettiin sedimentin pinnasta syvyydeltä 0–5 cm, sekä pintasedimentin alapuolelta syvyydeltä: 5–20 cm (Svinö, Nuottaniemi) tai 20–50 cm (Sepellahti, Marinsatama). Kaikista näytteistä analysoi-



tiin metallit (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn, Hg), orgaaniset tinayhdisteet (TeBT, TBT, DBT, MBT, TPT, DPT), öljyhiilivedyt (C<sub>10</sub>–C<sub>21</sub> ja C<sub>22</sub>–C<sub>40</sub>) sekä PCB-yhdisteet. (Pöyry Environment Oy 2006).

Svinössä sedimentin pintakerroksesta mitattiin ruoppausohjeen tasojen 1 ja 2 väliin jääviä pitoisuuksia kadmiumia (0,8 norm.mg/kg;) ja sinkkiä (192 norm.mg/kg). Samassa näytteessä tasojen 1 ja 2 väliin jäivät myös keskiraskaiden öljyhiilivetyjen (71 norm.mg/kg) ja raskaiden öljyhiilivetyjen (314 norm.mg/kg) pitoisuudet. Orgaanisista tinayhdisteistä runsaimpana esiintyi tributyyli-tina, jonka pitoisuus 41 norm.µg/kg (29 µg/kg) jäi tasojen 1 ja 2 väliin. Toiseksi runsaimpana esiintyi monobutyylitina pitoisuudella 5 µg/kg. Dibutyylitinan ja difenyyli-tinan pitoisuudet olivat 4 µg/kg. Syvemmältä otetussa näytteessä organotinayhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määrittäysrajan (<1 µg/kg). (Pöyry Environment Oy 2006).

Sepellahden venesatamassa sedimentin pinnasta otetussa näytteessä mitattiin tasojen 1 ja 2 väliin jäävä pitoisuus tributyyli-tinaa (15 norm.µg/kg). Näytteessä esiintyi dibutyyl- ja monobutyylitinaa 3–4 µg/kg. Muita tason 1 ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia ei todettu. Nuottaniemessä sedimentin ylimmästä kerroksesta mitattiin tasojen 1 ja 2 väliin jääviä pitoisuuksia kadmiumia (0,6 norm.mg/kg), sinkkiä (174 norm.mg/kg) sekä keskiraskaita (56 norm.mg/kg) ja raskaita öljyhiilivetyjä (259 norm.mg/kg). Orgaanisista tinayhdisteistä vain tributyyli-tinan pitoisuus ylitti määrittäysrajan ja samalla tason 1 pitoisuudella 11 norm.µg/kg (6 µg/kg). Marinsatamassa mitattiin sedimentin pinnasta ainoastaan TBT:n osalta tasojen 1 ja 2 väliin jäävä pitoisuus (14 norm.µg/kg). (Pöyry Environment Oy 2006).

#### 4.3.4 Sedimenttien haitta-ainekartoitukset, Helsinki

Helsingin kaupungin ympäristökeskus teki sedimentin raskasmetallipitoisuuksien kartoituksia Helsingin edustalla vuonna 2003 (Autio 2003) ja 2005 (Vatanen 2005). Vuoden 2003 tutkimuksissa sedimenttinäytteitä otettiin Suomenlinnan telakan ja Hietalahden telakan sekä Iso-Sarvaston, Puotilan ja Koivusaaren venesatamien edustoilta. Näytteet kerättiin syvyyksiltä: 0–5 cm ja 5–10 cm ja kultakin alueelta näytteitä otettiin 2–4 tutkimuspisteestä. Näytteistä analysoitiin metallien ja puolimetallien (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, Hg) lisäksi tributyyli-tina. (Autio 2004).

Suomenlinnan telakan edustalta otetuista pintasedimenttinäytteistä löytyi tason 2 ylittäviä pitoisuuksia kuparia 133 norm.mg/kg (160 mg/kg), lyijyä 280 norm.mg/kg (320 mg/kg) ja elohopeaa 1,5 norm. mg/kg (1,6 mg/kg). Tasojen 1 ja 2 väliin jäivät kadmiumin, sinkin ja tributyyli-tinan pitoisuudet. Syvemmältä otetuissa näytteissä tason 2 ylittivät elohopea pitoisuudella 1,8 norm.mg/kg (1,9 mg/kg), kupari pitoisuudella 118 norm.mg/kg (130 mg/kg) ja lyijy pitoisuudella 383 norm.mg/kg (410 mg/kg). Tasojen 1 ja 2 väliin jäivät kadmiumin ja sinkin pitoisuudet. TBT:n pitoisuus vaihteli pintasedimentissä välillä 60–390 µg/kg (150–200 norm.µg/kg) ja syvemmillä välillä 12–150 µg/kg (24–140 norm.µg/kg). Trifenyyli-tinan pitoisuus oli kaikissa näytteissä TBT:n pitoisuutta alhaisempi. TPT:n pitoisuus vaihteli sedimentin pinnassa välillä 23–190 µg/kg ja syvemmillä <10–400 µg/kg. (Autio 2004).

Hietalahden telakan edustalla pintasedimenttinäytteiden haitta-ainepitoisuudet olivat samalla tasolla kuin Suomenlinnan telakan edustalla. Raskasmetalleista tason 2 ylitti kupari pitoisuudella 125 norm. mg/kg (110 mg/kg) ja lyijy pitoisuudella 288 norm.mg/kg (210 mg/kg). Tasojen 1 ja 2 väliin jäivät elohopean, kadmiumin ja sinkin pitoisuudet. Syvemmältä (5–10 cm) otetuissa näytteissä oli tason 2 ylittävä pitoisuus elohopeaa 1,7 norm. mg/kg (1,4 mg/kg), kuparia 157 norm.mg/kg (110 mg/kg) ja lyijyä 203 norm.mg/kg (160 mg/kg). Tasojen 1 ja 2 väliin jäivät kadmiumin, kromin ja sinkin pitoisuudet. TBT:n pitoisuus vaihteli pintasedimentissä välillä 430–1 300 µg/kg (1 260–4 333 norm.µg/kg). Tributyyli-ti-

nan pitoisuus oli myös syvemmältä otetuissa näytteissä korkea: 180–1 500 µg/kg (450–4 667 norm.µg/kg). Trifenyylitinan pitoisuus vaihteli sedimentin pinnassa välillä 17–420 µg/kg ja syvemmällä välillä <10–130 µg/kg. (Autio 2004).

Venesatamien edustoilta otetuissa näytteissä haitta-aineiden pitoisuudet olivat alhaisempia kuin telakoiden ympäristössä. Raskasmetallien osalta esiintyi lieviä tason 1 ylittäviä pitoisuuksia elohopeaa, kadmiumia ja sinkkiä. Tributyylitinan pitoisuus vaihteli venesatamien pintasedimentissä välillä 48–330 µg/kg (120–300 norm.µg/kg) ja syvemmältä otetuissa näytteissä välillä 87–520 µg/kg (87–473 norm.µg/kg). (Autio 2004).

Vuoden 2005 sedimenttikartoituksessa (Vatanen 2005) näytteitä otettiin kolmessa eri linjassa, jotka ulottuivat merenlahtialueelta ulkomerelle. Tutkimuspisteiden ympäristössä sijaitsi erilaisia päästölähteitä, kuten telakoita ja venesatamia. Sedimenttinäytteitä otettiin yhteensä 31 tutkimuspisteestä, joista kustakin kerättiin pintasedimenttinäytteet (0–5 cm) sekä lisäksi 12 tutkimuspisteestä näytteet syvyydeltä 10–20 cm. Kaikista näytteistä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet (tributyylitina ja trifenyylitina) sekä lisäksi 12 pintasedimenttinäytteestä PCB-yhdisteet, raskasmetallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Sn, Ni, Zn, V, Hg) ja arseeni. (Vatanen 2005).

Ensimmäinen linja, joka käsitti 11 näytestä, ulottui Laajalahden pohjukasta Seurasaarenselän kautta Katajaluodon lounaispuolelle. Tutkimuksissa havaittiin kahdessa tutkimuspisteessä eri syvyyksillä (0–5 cm tai 10–20 cm) tason 2 ylittäviä pitoisuuksia tributyylitinaa. Lähes kaikissa tutkimuspisteissä TBT:n pitoisuus ylitti tason 1 ja pitoisuudet näyttivät pienenevän ulkomerelle päin. Korkein mitattu TBT-pitoisuus oli 642 µg/kg (584 norm.µg/kg). Trifenyylitina-pitoisuudet olivat kaikissa näytteissä TBT-pitoisuuksia alhaisempia ja 12 näytteessä 16:sta TPT:n pitoisuus jäi alle määritysrajan (<10 µg/kg). Korkein mitattu TPT-pitoisuus oli 26 µg/kg. Neljästä pintanäytteestä analysoitiin lisäksi PCB-yhdisteet, raskasmetallit (Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Sn, Ni, Zn, V, Hg) ja arseeni. Kahdessa näytteessä esiintyi useiden PCB-kongeneerien (28, 52, 138, 153, 180) osalta lieviä tason 1 ylittäviä pitoisuuksia (PCB<sub>tot</sub> <15–110 µg/kg). Myös useiden raskasmetallien (kupari, sinkki, elohopea, kadmium, kromi) osalta mitattiin tason 1 ylittäviä pitoisuuksia. (Vatanen 2005).

Toinen linja alkoi Vantaanjoen suulta Vanhankaupunginlahdelta ja se ulottui kalasataman ja Laajasalon öljysataman ohi Vallisaareen ja Kuivasaareen. Tutkimuspisteitä oli yhteensä 12 ja näytteitä niistä kerättiin yhteensä 16. Yhdessä tutkimuspisteessä havaittiin tason 2 ylittävä pitoisuus TBT:tä sekä sedimentin pinnassa että syvemmällä. Taso 1 ylittyi lähes kaikissa muissa näytteissä ja vain kolmessa ulkomereltä otetussa näytteessä TBT:n pitoisuus jäi alle määritysrajan (<3 µg/kg). TBT:n pitoisuus vaihteli näytteissä välillä <3–223 µg/kg (<3–225 norm.µg/kg). TPT-pitoisuudet olivat koholla samoissa näytteissä, joista mitattiin korkeita TBT-pitoisuuksia. TPT:n pitoisuus jäi seitsemässä näytteessä alle määritysrajan ja loppuissa yhdeksässä näytteessä sen pitoisuus vaihteli välillä 10–195 µg/kg. PCB-yhdisteet ja raskasmetallit määritettiin seitsemästä pintasedimenttinäytteestä. Lähes kaikista näytteistä mitattiin lievästi tason 1 ylittäviä pitoisuuksia PCB-yhdisteitä ja raskasmetalleja. (Vatanen 2005).

Kolmas linja, johon kuului 8 tutkimuspistettä, alkoi Vartiokylänlahdelta ja se ulottui Jollaksen ja Villingin välistä Isoaaren itäpuolelle. Yhdessä pintasedimenttinäytteessä TBT:n pitoisuus ylitti tason 1 pitoisuudella 202 µg/kg (222 norm.µg/kg). Tasojen 1 ja 2 väliin jääviä pitoisuuksia TBT:tä havaittiin viidessä näytteessä. Kolmen uloimpana merellä olevan tutkimuspisteen TBT-pitoisuudet jäivät alle määritysrajan. TPT-pitoisuus ylitti kolmessa näytteessä määritysrajan pitoisuuden vaihdella välillä: 20–365 µg/kg. Yhdestä näytteestä analysoitiin myös PCB-yhdisteet ja raskasmetallit ja pitoisuudet jäivät alle tason 1. (Vatanen 2005).

### 4.3.5 Sedimenttitutkimukset Suomen lounaisella rannikkoalueella

Turun ja Naantalien edustan merialueilla on tutkittu TBT:n levinneisyyttä vuonna 2003 ja 2004 (Helminen 2004). Vuonna 2003 sedimenttinäytteitä otettiin kahdessa osassa: ensin sedimenttinäytteitä kerättiin Turun Airistolta kymmenestä tutkimuspisteestä ja myöhemmin Turun ja Naantalien alueelta viidestä tutkimuspisteestä. Näytteet kerättiin sedimentin pinnasta syvyydeltä 0–5 cm. Airiston alueella, yhtä näytettä lukuun ottamatta, kaikissa näytteissä TBT:n pitoisuus ylitti tason 1. Korkeimmat TBT-pitoisuudet olivat Pohjois- ja Keski-Airistolla. Korkein TBT-pitoisuus oli 183 µg/kg. Turun ja Naantalien edustalta otetuista näytteistä korkein TBT-pitoisuus (345 µg/kg) mitattiin Turun korjaustelakan edustalta. (Helminen 2004).

Vuonna 2004 sedimenttitutkimuksia jatkettiin Turun korjaustelakan ympäristössä ja Aurajoessa. Pintasedimenttinäytteiden (0–5 cm) lisäksi korjaustelakan edustalta kerättiin näytteet syvyydeltä 10–20 cm ja 30–40 cm. Tutkimuksissa havaittiin, että tributyylitina on levinnyt Aurajoessa ja korkeimmat TBT-pitoisuudet mitattiin Turun korjaustelakan edustalta. Lisäksi tutkimuksissa tuli ilmi, että TBT-pitoisuudet näyttivät kasvavan syvemmälle mentäessä, korkein pitoisuus (731 µg/kg) mitattiin 10–20 cm:n syvyydessä. (Helminen 2004).

Vuonna 2005 kartoitettiin systemaattisesti kuinka laajalle alueelle orgaaniset tinayhdisteet ovat levinneet Saaristomerellä. Tutkimushanketta "Vaarallisten tinayhdisteiden (TBT, TPhT) kulkeutuminen ja biologiset vaikutukset Suomen lounaisella rannikkoalueella" koordinoi Lounais-Suomen ympäristökeskus. Saaristomeren alueelta kerättiin yhteensä 50 pintasedimenttinäytettä syvyydeltä 0–5 cm ja näytteistä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet. Näytteistä vain viiden pitoisuus alitti kriteeritason 1 ja kolmen näytteen pitoisuus ylitti kriteeritason 2. Loput sedimenttinäytteiden TBT-pitoisuudet jäivät tasojen 1 ja 2 väliin. Korkeimmat organotinayhdisteiden pitoisuudet mitattiin satamien ja korjaustelakoiden ympäristöstä Pohjois-Airistolta. Korkein normalisoitu organotinayhdisteiden (TPT, TBT, MBT) summapitoisuus oli 500 norm. µg/kg. (Peltonen et al. 2006; Ympäristöministeriö 2006).

## 4.4 Ympäristötutkimukset ulkomailla

### 4.4.1 Pohjoismaat

Ulkomailla on tehty runsaasti sedimentti- ja vesitutkimuksia ja tutkimusten kohteena on usein ollut satama tai vilkkaasti liikennöity vesiväylä. Tutkitut haitta-aineet ovat viime aikoina useimmiten olleet orgaaniset tinayhdisteet sekä niin kutsutut tehostajabiosidit (*engl. booster biocides*). Myös joitakin telakoiden ja satamien kartoituksia on tehty ulkomailla.

Tukholman lääninhallitus (*ruots. länsstyrelsen i Stocholms län*) suoritti vuonna 2005 toimialakohtaisen kartoituksen Tukholman läänin alueella. Kartoituksen kohteena oli toimiala telakat, joka piti sisällä veneiden tai laivojen rakentamiseen tai korjaamiseen keskittyneet yritykset, sekä toimiala meriliikenne-satamat, joka piti sisällään pienvenesatamat, kauppamerenkulkua palvelevat satamat sekä veneiden talvisäilytysalueet. Yhteensä kartoitettiin 279 telakkaa ja 345 satamaa Tukholman läänin alueelta. Kartoitetuista telakoista noin 12 % kuului riskiluokkaan 2, eli toiminnassa on käytetty halogenoituja liuottimia tai antifouling-maaleja. Satamista riskiluokkaan 2 kuului noin 10 % kohteista. (Lokrantz 2006).

Kesällä 2006 Södermanlandsin lääninhallitus teki sedimenttitutkimuksia kolmen pienvenesataman ja seitsemän luonnonsataman alueella. Näytteet otettiin se-

dimentin pinnasta (0–2 cm) ja niistä analysoitiin kupari, sinkki, irgarol 1051, sinkkipyritioni ja orgaaniset tinayhdisteet (kymmenen yhdistettä). Sinkin pitoisuus taustanäytteissä oli keskimäärin 85 mg/kg. Yhdeksässä näytteessä sinkkipitoisuus ylitti taustapitoisuuden, sinkin pitoisuus vaihteli näytteissä välillä 37–273 mg/kg. Kuparin keskimääräinen taustapitoisuus oli 15 mg/kg ja satamien edustoilla kuparin pitoisuus vaihteli välillä 8–92 mg/kg. Vain kahdessa näytteessä kuparin pitoisuus oli alle taustapitoisuuden. Orgaanisista tinayhdisteistä runsaimpina esiintyi monobutyyliitina, jonka pitoisuus vaihteli välillä 3–170 µg/kg. Toiseksi runsaimpina esiintyi tributyyliitina pitoisuudella 3–130 µg/kg. Dibutyyliitinaa oli näytteissä lähes yhtä paljon kuin TBT:tä. Fenyyliitina yhdisteitä havaittiin vain yhdessä näytteessä, jossa korkein pitoisuus oli TPT:llä (99 µg/kg). Irgarol 1051:n ja sinkkipyritionin pitoisuudet jäivät kaikissa näytteissä alle määritysrajan (Irgarol 1051 <50 µg/kg ja ZnPT <20 µg/kg). (Nordfeldt 2006).

Ruotsissa selvitettiin vuonna 2005 (Samuelsson 2006) veneiden pesun yhteydessä syntyvän pesuveden ja lietteen haitta-ainepitoisuuksia. Kungsbackassa sijaitsevan venesataman veneiden pesupaikalle asennettiin vesikouruun suodatin sekä liete-erotin. Vesinäytteitä otettiin veneiden pesupaikalla vesikouruun kertyneestä vedestä, kaksikammioisen saostussäiliön tulo- ja lähtövedestä, sekä neljän erityyppisen suodattimen (puunkuorisuodatin, *ruots. barkfilte*; hiilisuodatin, *ruots. kolfilter*; laavahiekkasuodatin, *ruots. lavasandfilter*; puukuitusuodatin, *ruots. tärfiberfilter*) läpi kulkeneesta vedestä. Lietenäytteet kerättiin kaksikammioisesta saostussäiliöstä, suoraan sadevesikourun pohjalle kertyneestä lietteestä sekä kouruun asetetusta suodattimesta. Näytteistä analysoitiin kupari, sinkki ja Irgarol 1051. Korkeimmat haitta-ainepitoisuudet mitattiin veneen pesun yhteydessä syntyneestä lietteestä. Kaksikammioisen saostussäiliön pohjalle kertyneessä lietteessä kuparin pitoisuus oli 36 500 mg/kg kuivaa ainetta (k.a.), sinkin pitoisuus oli 34 400 mg/kg k.a. ja Irgarol 1051:n pitoisuus 390 mg/kg k.a. Sadevesikourun pohjalle kertyneessä lietteessä kuparia oli 16 600 mg/kg k.a., sinkkiä 31 800 mg/kg k.a. ja Irgarol 1051:tä 770 mg/kg k.a. Myös suodattimessa pitoisuudet olivat lähes yhtä korkeita. Kaksikammioisen saostussäiliön (*ruots. 2-kammarbrunn*) tulovedessä kuparin pitoisuus vaihteli eri ajankohtina välillä 4,1–10 mg/l, sinkin välillä 9,2–20 mg/l ja Irgarol 1051:n pitoisuus välillä 44–510 µg/l. Lähtövedessä kuparin pitoisuus vaihteli välillä 2,7–7,2 mg/l, sinkin välillä 6–19 mg/l ja Irgarol 1051:n pitoisuus välillä 28–170 µg/l. Eri suodattimien lähtövedestä mitatut kuparipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,74–6,4 mg/l, sinkkipitoisuudet välillä 1,9–15 mg/l ja Irgarol 1051:n pitoisuudet välillä 5,6–160 µg/l. Parhaiten haitta-aineita suodatti hiilisuodatin ja huonoiten laavahiekkasuodatin. (Samuelsson 2006).

Tukholman saaristossa tehtiin sedimenttitutkimuksia Bullandö sataman edustalla kesällä 2004. Vesinäytteet kerättiin huhti-marraskuun välisenä aikana ja niistä analysoitiin metallit ja Irgarol 1051. Sedimenttinäytteitä otettiin edellä mainitun ajanjaksona kolme kertaa ja näytteistä analysoitiin metallit. (KEMI 2006). Korkeimmat metallipitoisuudet esiintyivät vesinäytteissä, jotka otettiin sataman ja luonnonsataman alueelta. Taustanäytteissä sinkin pitoisuus vaihteli välillä 0,64–2,19 µg/l ja kuparin välillä 0,72–1,74 µg/l. Sataman alueella vesinäytteissä sinkin pitoisuus vaihteli välillä 2,73–20,0 µg/l ja kuparin välillä 1,52–6,62 µg/l. Pitoisuudet olivat korkeimmillaan elokuussa, jolloin veneily on aktiivista. Irgarol 1051:n korkein pitoisuus sataman alueella mitattiin kesäkuun lopussa, jolloin se oli 0,17 µg/l. Sinkin ja Irgarol 1051:n pitoisuudet olivat koholla myös sataman ulkopuolella. Sedimentistä mitattiin sen sijaan alhaisemmat pitoisuudet kuparia ja sinkkiä kuin muilla tutkimusalueilla. Tämä saattaa johtua eroista sedimentaatio-oloissa. Korkein kuparipitoisuus (86 mg/kg k.a.) mitattiin sataman ulkopuolisella alueella ja korkein sinkkipitoisuus (283 mg/kg k.a.) mitattiin luonnonsataman alueella. (KEMI 2006).

Pohjoismaiden suurimmassa satamassa Göteborgissa tehtiin sedimenttitutkimuksia keväällä 2000 (Brack 2001). Näytteitä otettiin neljästä tutkimuspisteestä sedimentin pinnasta (0–2 cm) sekä osasta syvyydeltä 8–10 cm. Näytteistä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet (TBT, DBT, MBT, TPT, DPT, MPT). Tributyyliitinan pitoisuus vaihteli näytteissä välillä 17–366 µg/kg ja trifenyylitinan pitoisuus välillä <2–71 µg/kg. Trisubstitoidut tinayhdisteet esiintyivät runsaimpina näytteissä. Tributyyliitinan hajoamistuotteiden (DBT, MBT) pitoisuudet vaihtelivat välillä 7–98 µg/kg ja trifenyylitinan hajoamistuotteet (DPT, MPT) välillä <0,8–6 µg/kg. (Brack 2001).

Norjan ympäristöviranomaiset (*Statens Forurensningstilsyn, SFT*) kartoittivat vuonna 2004 (SFT 2005) Norjan rannikolla sijaitsevat yhä toimivat ja toimintansa jo lopettaneet telakat ja veistämöt. Kohteet ryhmiteltiin jatkotoimenpiteitä varten neljään eri ryhmään: ryhmään 1 kuuluivat telakat ja veistämöt, joissa ympäristön pilaantumisen vaara on suuri; ryhmään 2 kuuluvilla kohteilla pilaantumisen vaara oli keski-suuri; ryhmässä 3 pilaantumisen vaara oli matala ja ryhmään 4 kuuluvista telakoista ja veistämöistä oli puutteelliset tiedot. Kartoituksen tuloksena ryhmään 1 sijoittui 47 aluetta, joissa toimii yhteensä 70 laivatelakkaa. Ryhmään 2 sijoittui 124 aluetta (147 telakkaa) ja ryhmään 3 sijoittui 255 aluetta. (SFT 2005).

Vuonna 2005 (SFT 2006) arvioitiin yhteensä 144 kartoitetun alueen sedimentin tila. Kohteista 40 kuului ryhmään 1 (suuri ympäristön pilaantumisen vaara) ja 70 ryhmään 2 (keski-suuri ympäristön pilaantumisen vaara). Tutkimusaineisto koottiin tietokannasta (*NIVA database*), joka koostuu useiden vuosien seurantatutkimuksista. Aineisto koostui noin 900 sedimenttinäytteestä ja 20 000 analyysituloksesta. Sedimenttinäytteet sijaitsivat < 2 km päässä telakoista tai veistämöistä. Tutkimuksissa havaittiin että ryhmisiin 1 ja 2 kuuluvat alueet ovat erittäin pilaantuneita orgaanisista tinayhdisteistä (TBT) ja PAH-yhdisteistä eikä eroa näiden eri ryhmien välillä pilaantumisen määrän suhteen ollut havaittavissa. Pilaantuneimpia olivat laivojen korjaus- ja huoltotöihin keskittyneet telakat. Pilaantuminen PCB-yhdisteistä oli alueilla vähäisempää. (SFT 2006).

Jacobsen (2000) käsitteli väitöskirjassaan orgaanisten tinayhdisteiden esiintymistä Tanskan merellisessä ympäristössä. Jacobsenin mukaan Tanskassa ei ole tehty montaa tutkimusta TBT:n esiintymisestä merivedessä. Vuonna 1999 tehdyissä vesitutkimuksissa kolmen sataman edustalla meriveden TBT-pitoisuus jäi alle 20 µg/l, mutta Vedbaekin satamassa TBT-pitoisuus oli yli 100 µg/l. Vene- ja laivatelakoiden edustoilla TBT-pitoisuus on sen sijaan ollut jopa 122 µg/l. Avomerellä TBT-pitoisuudet ovat usein alle määritysrajan tai korkeintaan 14 µg/l. Myös sedimenttitutkimuksissa korkeimmat TBT-pitoisuudet (> 5 000 µg/kg) esiintyivät telakoiden edustoilla. Venesatamien edustoilla korkein TBT-pitoisuus oli lähes 2 000 µg/kg. Avomerellä sedimentissä TBT:n pitoisuus oli korkeintaan 66 µg/kg. (Jacobsen 2000).

Myös Strand (2003) käsitteli väitöskirjassaan TBT:n ja TPT:n ekotoksikologiaa ja esiintymistä Tanskan merellisessä ympäristössä. Tanskassa on Strandin mukaan tehty useita tutkimuksia liittyen tributyyliitin esiintymiseen sedimentissä, mutta valtaosa tutkimuksista on julkaisemattomia. Tanskassa tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella voimakkaimmin TBT:stä pilaantuneet alueet esiintyivät laiva- ja venesatamien läheisyydessä. Erityisen pilaantuneita olivat sellaiset laivasatamat, joiden yhteydessä on laivatelakkatoimintaa. Tällaisilla alueilla TBT:n pitoisuus saattoi sedimentissä ylittää 5 000 µg/kg. Dibutyyliitinan ja monobutyyliitinan pitoisuudet olivat alhaisempia kuin TBT:n. Fenyylitinayhdisteitä tavattiin myös satamien alueilla, useimmiten venesatamien yhteydessä. Pitoisuudet olivat kuitenkin alle 200 µg/kg. (Strand 2003).

Tanskan ja Ruotsin välisellä merialueella tehtiin sedimenttitutkimuksia vuosina 1997 ja 1999 (Strand et al. 2003). Näytteitä otettiin vilkkaasti liikennöidyn laiva-

väylän alueelta yhteensä 24 tutkimuspisteestä ja näytteistä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet (TBT, DBT, MBT). Tributyyliitin pitoisuus vaihteli näytteissä välillä <1–19 µg/kg k.a. Tributyyliitin ja orgaanisen aineksen välillä oli vahva korrelaatio ( $r^2=0,9$ ) näytteissä, joissa TBT:n pitoisuus oli korkea. TBT:n hajoamistuotteita esiintyi yli määritysrajan vain kahdessa näytteessä, joissa DBT:n pitoisuus vaihteli välillä 3–6 µg/kg. Tutkimuspisteissä, jotka sijaitsivat kauempana avomerellä, mitattiin alhaisimmat pitoisuudet orgaanisia tinayhdisteitä. (Strand et al. 2003).

#### 4.4.2 Muut maat

Saksassa tehtiin sedimentti- ja vesitutkimuksia 13 eri vene- tai laivasataman alueella vuosina 1997–1998 (Biselli et al. 2000). Osa satamista sijaitsi Itämeren altaassa (7 kpl) ja osa Pohjanmeren altaassa (6 kpl). Näytteitä kerättiin sedimentin pinnasta kaikista tutkimuskohteista heinä-syyskuun aikana, sekä lisäksi kahdeksan sataman alueelta maaliskuussa sekä joulukuussa. Kesällä otetuista näytteistä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet (TPT, DPT, MPT, TBT, DBT, MBT). Irgarol 1051 eli 2-metyyli-4-terbutyyliamino-6-syklo-propyyliamino-s-triatsiini analysoitiin lisäksi keväällä ja talvella otetuista näytteistä. Pohjanmeressä sijaitsevista satamissa vesinäytteiden Irgarol 1051-pitoisuus vaihteli kesällä välillä 0,011–0,17 µg/l. Itämeressä sijaitsevista satamista otetuissa vesinäytteissä pitoisuudet olivat sen sijaan korkeampia: 0,090–0,44 µg/l. Korkeammat pitoisuudet voivat johtua vesiä sekoittavan vuorovesi-ilmiön puuttumisesta Itämeren altaassa. Myös sedimenttinäytteissä pitoisuudet olivat korkeampia Itämeren altaassa. Kahdessa Pohjanmerestä otetussa sedimenttinäytteessä Irgarol 1051:n pitoisuus jäi alle määritysrajan, ja muissa näytteissä sen pitoisuus vaihteli välillä 3–25 µg/kg. Itämeren altaan satamissa sedimentin Irgarol 1051-pitoisuus vaihteli välillä 4–220 µg/kg. Vesi- ja sedimenttinäytteissä havaittiin korkeimmat Irgarol 1051-pitoisuudet maaliskuussa sekä heinä-syyskuussa otetuissa näytteissä, ja alhaisimmat pitoisuudet talvella. Myös orgaanisten tinayhdisteiden pitoisuudet olivat sedimentissä korkeampia Itämeressä kuin Pohjanmeressä. Pohjanmeressä TBT:n pitoisuus vaihteli välillä 80–720 µg/kg ja Itämeressä välillä 570–17 000 µg/kg. Myös TBT:n hajoamistuotteita eli dibutyyli- ja monobutyyliitinaa esiintyi kaikissa näytteissä, mutta pitoisuudet olivat alhaisempia kuin tributyyliitin. DBT:n pitoisuus vaihteli Itämeren altaassa välillä 150–14 000 µg/kg ja MBT:n välillä 20–1 300 µg/kg. Fenyyliitina-yhdisteistä korkeimmat pitoisuudet olivat trisubstitoidulla muodolla: TPT:n pitoisuus vaihteli Itämeren satamissa välillä <17–3 800 µg/kg. (Biselli et al. 2006).

## 5 Ympäristötutkimukset venetelakalla Porvoossa

### 5.1 Tutkimusalue

Tutkimusten kohteena ollut venetelakka sijaitsee Porvoon keskustan kupeessa Porvoonjoen länsirannalla (kuvat 14 ja 16). Kohteessa on ollut venetelakkatoimintaa 1900-luvun alusta aina nykypäivään saakka. Nykyisin alueella harjoitetaan huviveneiden huolto- ja korjaustoimintaa sekä veneiden talvisäilytystä. Kiinteistöllä sijaitsee kolme lautarakenteista ja maalattiapohjaista veistämörakennusta, joista nykyisin on käytössä kaksi. Talot on rakennettu vuosien 1919–1932 välisenä aikana. Rakennuksissa on huollettu ja säilytetty moottori- ja purjeveneitä: pohjoisimassa rakennuksessa pääasiassa purjeveneitä ja keskimmaisessa näiden lisäksi myös moottoriveneitä. Sisätiloissa on maalattu ja hiottu veneitä sekä hiekkapuhallettu lyijyköljejä. Rakennusten ja rannan välisellä alueella on tehty aluksille korjaustöitä ja eteläisimmän rakennuksen edessä on muun muassa lakattu mastoja. Piha-alueilla on talvisäilytetty aluksia. (SCC Viatek Oy 2004).

Venetelakan alueella on tehty maaperä- ja sedimenttitutkimuksia vuonna 2003 (SCC Viatek Oy 2004) ja telakan lähiympäristöstä on lisäksi otettu maanäytteitä vuonna 2006 (Ramboll Finland Oy 2006). Porvoonjoen kunnostusruoppauksiin liittyen Porvoonjoesta on otettu sedimenttinäytteitä vuonna 2001 (Tieliikelaitos 2001; SCC Viatek Oy 2001a; 2001b) ja 2003 (SCC Viatek Oy 2003).

Venetelakan maaperän pilaantuneisuutta selvitettiin lisätutkimuksin kesällä 2007 yhteistyössä konsulttitoimisto Ramboll Finland Oy:n kanssa. Lisäksi telakan edustalta ja muualta Porvoonjoesta otettiin sedimenttinäytteitä talvella 2007 yhteistyössä Helsingin yliopiston Geologian laitoksen kanssa.

### 5.2 Maaperätutkimukset

#### 5.2.1 Aiemmat maaperätutkimukset

Venetelakan alueelta otettiin vuonna 2003 (SCC Viatek Oy 2004) maanäytteitä telakan piha-alueilta 11 tutkimuspisteestä (12 näytettä) sekä käytössä olevien veistämörakennusten maalattiapohjista yhteensä kuusi kokoomanäytettä. Tutkimuksissa venetelakan piha-alueiden pintamaakerroksen havaittiin olevan voimakkaasti pilaantunut raskasmetalleista sekä yhden tutkimuspisteen perusteella myös lievästi PAH-yhdisteistä. Piha-alueilla esiintyi ylemmän ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia (suluissa korkein pitoisuus) lyijyä (5 780 mg/kg), kuparia (1 660 mg/kg) ja sinkkiä (3 080 mg/kg) kuudessa tutkimuspisteessä sekä antimonin neljässä tutkimuspisteessä. Korkein antimonin pitoisuus (7 020 mg/kg) oli kiinteistön eteläosassa sijaitsevan veistämörakennuksen eteläpuolella, jossa ylittyi myös arseenin ylempi ohjearvo pitoisuudella 157 mg/kg, sekä kadmiumin alempi ohjearvo pitoisuudella 11 mg/kg. Nikkelin alempi ohjearvo ylittyi yhdessä tutkimuspisteessä. Piha-alueella pintamaasta analysoitiin PAH-yhdisteet yhdestä näytteestä. Näytteen kokonais-PAH-pitoisuus oli 27 mg/kg, ja PAH-yhdisteistä alemman ohjearvon ylitti bentso(a)pyreeni pitoisuudella 3 mg/kg. (SCC Viatek Oy 2004). Entisen öljysäiliörakennuksen vierustalla noin metrin syvyydeltä mitattiin korkea öljyhiilivetyjen pitoisuus: kokonais-hiilivetyjen pitoisuus (C<sub>6</sub>-C<sub>35</sub>) oli 3 200 mg/kg, josta yli 90 % oli

dieselöljyjakeita (C<sub>11</sub>-C<sub>23</sub>). Veistämörakennusten maalattipohjien havaittiin olevan kauttaaltaan voimakkaasti pilaantuneita raskasmetalleista sekä paikoin myös PAH-yhdisteistä ja orgaanisista tinayhdisteistä. Raskasmetalleista ylempi ohjearvo ylittyi kaikissa kuudessa näytteessä lyijyn (1 750–18 500 mg/kg), kuparin (432–6 240 mg/kg) ja sinkin (402–5 160 mg/kg) osalta. Yhdessä näytteessä ylittyi lisäksi antimonin (192 mg/kg) ylempi ohjearvo, arseenin alempi ohjearvo sekä kadmiumin ja kromin kynnysarvot. Nikkelin kynnysarvo ylittyi lievästi yhdessä näytteessä. Pohjoisimmasta veistämörakennuksen maalattipohjasta otetusta kokoomanäytteestä analysoitiin myös PAH-yhdisteet ja orgaaniset tinayhdisteet. Näytteen kokonais-PAH-pitoisuus oli 490 mg/kg ja lähes kaikki yhdisteet ylittivät ylemmän ohjearvon. Erityisen korkeita olivat fenantreenin (46 mg/kg), fluoranteenin (68 mg/kg), pyreenin (49 mg/kg), bentso(a)antraseenin (36 mg/kg), kryseenin (49 mg/kg), bentso(b)fluoranteenin (70 mg/kg), bentso(k)fluoranteenin (55 mg/kg) ja bentso(a)pyreenin (72 mg/kg) pitoisuudet. Mitattu TBT-pitoisuus ylitti ylemmän ohjearvon pitoisuudella 98 mg/kg. Veistämörakennusten maalattipohjissa myös epäorgaanisen tinan pitoisuudet olivat korkeita: kahdessa näytteessä tinan pitoisuus vaihteli välillä 63–88 mg/kg. Näytteestä, josta analysoitiin myös TBT-pitoisuus, oli tinan pitoisuus 63 mg/kg. (SCC Viatek Oy 2004). Tutkimustulokset on esitetty liitteen 10 taulukoissa 17–29.

Porvoon alueen maaperän geokemiallista koostumusta kartoitettiin vuonna 2002 (Tarvainen et al. 2003). Kartoitustulosten perusteella Porvoon alueella esiintyy savimaassa luonnostaan valtioneuvoston asetuksessa annettuja kynnysarvoja korkeampia pitoisuuksia arseenia, kromia, koboltia ja vanadiinia. Arseenin pitoisuus on pintamaassa keskimäärin 8 mg/kg ja korkeimmillaan 20 mg/kg. Pohjamaassa sen pitoisuus on keskimäärin 8 mg/kg ja korkeimmillaan 15 mg/kg. Koboltin pitoisuus pintamaassa vaihtelee Porvoossa välillä 6–28 mg/kg ja pohjamaassa välillä 10–34 mg/kg. Kromin pitoisuus voi olla luonnostaan pintamaassa 95 mg/kg ja pohjamaassa 118 mg/kg. Vanadiinin pitoisuus voi korkeimmillaan olla pintamaassa 105 mg/kg ja pohjamaassa 125 mg/kg. Nikkelin pitoisuus pohjamaassa vaihtelee luonnostaan välillä 18–72 mg/kg. (Tarvainen et al. 2003).

Telakka-alueen ympäristössä tehtiin maaperätutkimuksia vuonna 2006 (Ramboll Finland Oy). Tutkimuspisteistä viisi sijaitsi noin 20–120 metriä telakasta pohjoiseen ulottuvalla alueella, kolme noin 20–100 metriä telakasta länteen ulottuvalla alueella, sekä kaksi noin 50–90 metriä telakasta etelään ulottuvalla alueella. Lisäksi yksi tutkimuspisteistä sijoittui telakkakiinteistön eteläosaan. Kahdessa telakka-alueen pohjoispuolella olleessa tutkimuspisteessä havaittiin jätetäyttöä, joten ne rajataan tarkastelusta pois. Maaperän pintakerroksessa esiintyi arseenia alle 16 mg/kg, kadmiumia <0,4 mg/kg, kuparia <57 mg/kg, nikkeliä <26 mg/kg, lyijyä <52 mg/kg, vanadiinia <76 mg/kg ja sinkkiä <162 mg/kg. Telakkakiinteistöltä otetussa näytteessä mitattiin ainoastaan lyijyn osalta pintamaassa korkea pitoisuus: 190 mg/kg. (Ramboll Finland Oy 2006).

## 5.2.2 Vuoden 2007 maaperätutkimukset

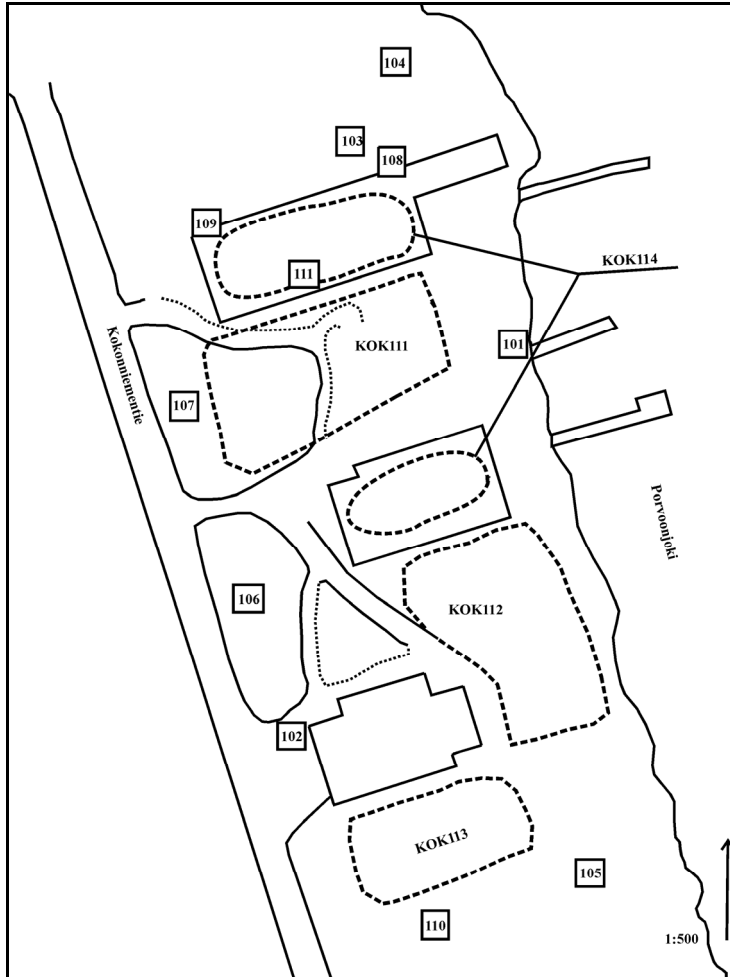
### Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Selvitykseen liittyvät lisätutkimukset tehtiin venetelakalla kesän 2007 aikana. Tutkimusten tarkoituksena oli selvittää tarkemmin telakkakiinteistön maaperän vertikaalista ja horisontaalista pilaantuneisuutta. Lisäksi haluttiin selvittää telakka-alueen pilaantuneisuutta orgaanisista haitta-aineista. Maaperätutkimukset toteutettiin yhteistyössä Ramboll Finland Oy:n kanssa.

Maanäytteitä otettiin telakkakiinteistön ulkorajojen tuntumasta, piha-alueilta, keskimmäisen ja pohjoisimman veistämörakennuksen maalattipohjasta sekä poh-



joisimman veistämörakennuksen vierustalta. Kiinteistön eteläosassa sijaitsevan veistämörakennuksen sisältä ei voitu ottaa näytteitä rakennuksen sortumavaaran vuoksi. Maanäytteitä otettiin viiden kokoomanäytteen lisäksi 11 tutkimuspisteestä yhteensä 19 maanäytettä. Yhteensä siis otettiin 24 maanäytettä. Kuvan 14 karttaan on merkitty vuonna 2007 otettujen maanäytteiden tutkimuspisteet.



Kuva 14. Maanäyttepisteet vuonna 2007 (Muokattu Ramboll Finland Oy mukaan).

Maanäytteitä otettiin telakkakiinteistön ulkorajan tuntumasta yhteensä kuu-  
desta tutkimuspisteestä (102, 104, 105, 106, 107, 110). Näytteitä otettiin orgaanisesta  
pintamaasta syvyydeltä 0–10 cm tai 0–20 cm, sekä pintamaan alapuolelta syvyys-  
väliltä 10–50 cm, lukuun ottamatta näytepistettä 106, josta otettiin ainoastaan pin-  
tamaanäyte. Piha-alueilta kerättiin kaksi kokoomanäytettä (kok111 ja kok112)  
maan pintaosasta syvyydeltä 0–20 cm. Lisäksi yksi kokoomanäyte (kok113) kerät-  
tiin kiinteistön eteläosasta. Piha-alueilta otettiin lisäksi näytteitä neljästä tutkus-  
pisteestä (101, 103, 108, 109) maan orgaanisesta pintaosasta syvyydeltä 0–10 cm,  
joista kahdesta tutkimuspisteestä otettiin näytteet myös pintamaan alapuolelta sy-  
vyydeltä 10–30 cm tai 10–60 cm, sekä tutkimuspisteestä 103 myös näyte syvyydeltä  
120–130 cm. Näytteistä 108 ja 109 tehtiin erillinen kokoomanäyte laboratoriossa.  
Pohjoisimman veistämörakennuksen sisältä otettiin maanäyte yhdestä tutkus-  
pisteestä (111) syvyydeltä 40–50 cm. Lisäksi pohjoisimman ja keskimmäisen veis-  
tämörakennuksen maalattipohjista kerättiin yhdistetty kokoomanäyte (kok114)  
maan pintaosasta, syvyydeltä 0–20 cm.

Näytteet lähetettiin analysoitavaksi SGS Inspection Services Oy:n laboratorioon Haminaan. Kaikista näytteistä, lukuun ottamatta kokoomanäytettä 108/109, analysoitiin metallit (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn, Sn) ICP-AES-tekniikalla (SGSF522). Seitsemästä näytteestä analysoitiin lisäksi elohopea ICP-AES-tekniikalla (SGSF522). Neljästä näytteestä analysoitiin PCB-yhdisteet (PCB-kongeneerit: 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) standardin SGSF118E mukaisesti, sekä neljästä näytteestä orgaaniset tinayhdisteet (TeBT, TBT, DBT, MBT, DPT, TPT) standardin SGSF147 mukaisesti. Öljyhiilivety-yhdisteet (hiilivetyjakeet C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub> ja C<sub>22</sub>-C<sub>40</sub>) analysoitiin kaasukromatografisesti (SGSF123) yhdestä näytteestä. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (19 PAH-yhdistettä) analysoitiin neljästä näytteestä standardin SGSF097 mukaisesti. Taulukossa 7 on esitetty näytteenottoa ja analysoitavia yhdisteitä koskeva informaatio. Laboratorion menetelmäkuvaukset on esitetty liitteessä 7.

Taulukko 7. Tutkimuspisteet, näytteenottosyvyydet, maalajit ja analysoitavat yhdisteet.

Näyte-piste	Syvyys (cm)	Maalaji	Analysoitavat yhdisteet	Ympäristö
I01	0–10	Hm	metallit, org.tinayhd.	pohjoisen piha-alueen edusta, joen ranta
	10–30	Sa	metallit	
I02	0–20	Sr,Mr	metallit, Hg	telakkakiinteistön läntisen rajan eteläosa
	20–50	Sr, Mr	metallit	
I03	0–10	Hm	metallit	kiinteistön pohjoisosa
	10–60	Hm,Sa	metallit	
	120–130	Tv	metallit	
I04	0–10	Hm,Sa	metallit	kiinteistön pohjoisrajan ulkopuoli
	10–40	Sa	metallit	
I05	0–20	Hk	metallit	piinteistön eteläraja, lähellä joen ranta
	20–50	Sa	metallit	
I06	0–10	Hm,Sa	metallit	kiinteistön länsirajan keskiosa
I07	0–10	Hm	metallit	kiinteistön länsirajan pohjoisosa
	20–30	Sa	metallit	
I08	0–10	Hm	metallit	pohjoisimman rakennuksen vierusta
I09	0–10	Hm	metallit	pohjoisimman rakennuksen vierusta
kokI08/109	0–10	Hm	Hg, PAH, PCB, org.tinayhd.	kokooma näytteistä I08 ja I09
I10	0–20	Sa	metallit	kiinteistön eteläraja ulkopuoli
	20–40	Sa	metallit	
I11	40–50	Sa	metallit, Hg, org.tinayhd.	pohjoisin veistämö
kokI11	0–20	Hm,Sa	metallit, Hg, PAH, PCB,	kokoomanäyte, pohjoinen piha-alue
kokI12	0–20	Hm,Sa	metallit, Hg, PAH, PCB, org.tinayhd.	kokoomanäyte piha-alueelta
kokI13	0–20	Hm,Sa	metallit, Hg	kokoomanäyte piha-alueelta
kokI14	0–20	Hm,Sa	metallit, Hg, öljyhiilivedyt, VOC, PAH, PCB,	kokoomanäyte veistämö-rakennusten sisältä

### Tulokset ja niiden tarkastelu

Tutkimustuloksia on koottu taulukoihin 8 ja 9. Tarkemmat tutkimustulokset löytyvät liitteen 9 taulukoista 13–16. Tutkimusten perusteella koko venetelakkakiinteistön maaperän pintaosa on voimakkaasti pilaantunut raskasmetalleista, PAH-yhdisteistä sekä orgaanisista tinayhdisteistä. Kaikissa venetelakan piha-alueilta otetuissa pintamaanäytteissä (6 näytettä) ylittyi lyijylle asetettu ylempi ohjearvo (taulukko 8). Korkein lyijypitoisuus 16 650 mg/kg, mitattiin kiinteistön eteläosassa sijaitsevan veistämö-rakennuksen eteläpuolelta, alueelta jossa on saatettu valaa lyijykölejä. Veneiden kunnostus-, korjaus- ja säilytyskäytössä olleet piha-alueet ovat pilaantuneet yleisimmistä antifouling-maalien tehoaineista, eli kuparista (22 250 mg/kg), sinkistä (9 675 mg/kg) ja lyijystä (4 148 mg/kg). PAH-yhdisteistä (kokonais-PAH: 283 mg/kg) bentso(a)antraseenin (28 mg/kg), bentso(a)pyreenin (18 mg/kg), bentso(k)fluoranteenin (18 mg/kg), fenantreenin (39 mg/kg) ja fluoranteenin (54 mg/kg) pitoisuudet ylittivät ylempään ohjearvon. Piha-alueilla oli alem-

man ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia kadmiumia, arseenia, nikkeliä ja PCB-yhdisteitä. Orgaanisten tinayhdisteiden pitoisuus jäi alle alemman ohjearvon (kuva 15).

Taulukko 8. Maanäytteiden metalli- ja puolimetallipitoisuudet.

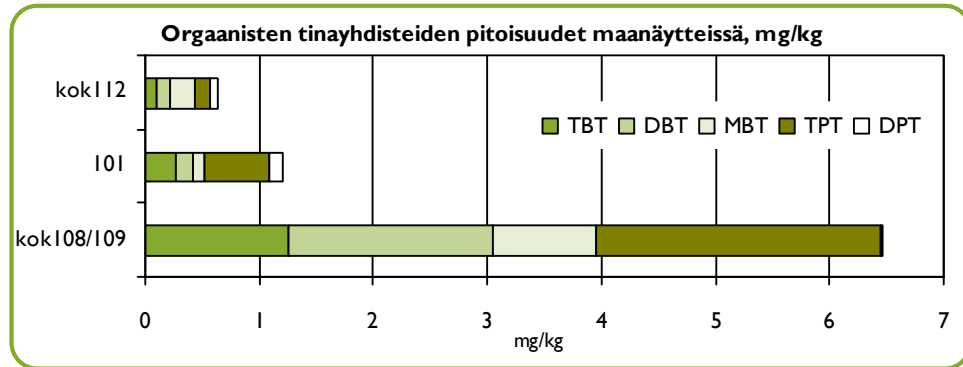
Näyte	Syvyys cm	Metallit ja puolimetallit, mg/kg						
		As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
I01	0–10	27	1,1	450	29	1 267	941	
I01	10–30	<8	<0,4	32	27	65	347	
I02	0–20	<8	<0,4	16	16	501	81	<0,1
I02	20–50	<8	<0,4	50	<10	456	66	
I03	0–10	15	0,4	140	26	910	310	
I03	10–60	<8	<0,4	24	25	28	76	
I03	120–130	<8	0,6	19	26	<10	81	
I04	0–10	21	<0,4	76	40	1 676	159	
I04	10–40	10	<0,4	19	27	19	113	
I05	0–20	<8	<0,4	10	11	51	42	
I05	20–50	<8	<0,4	21	22	15	135	
I06	0–10	14	<0,4	412	22	256	178	
I07	0–10	<8	0,4	83	17	112	175	
I07	20–30	<8	<0,4	15	19	12	69	
I08	0–10	15	2,0	591	47	1 017	1 957	
I09	0–10	30	1,2	439	44	1 509	1 198	
KokI08/I09	0–10							3,27
I10	0–20	<8	<0,4	22	20	50	104	
I10	20–40	<8	<0,4	24	22	82	89	
I11	40–50	<8	<0,4	44	20	39	89	<0,1
KokI11	0–20	31	6,6	22 250	116	4 148	9 675	1,03
KokI12	0–20	22	0,6	348	26	1 526	497	0,67
KokI13	0–20	45	1,2	183	23	16 650	1 283	0,15
KokI14	0–20	28	0,8	1 164	17	2 185	959	4,3
Kynnysarvo		5	1	100	50	60	200	0,5
Alempi ohjearvo		50	10	150	100	200	250	2
Ylempi ohjearvo		100	20	200	150	750	400	5

Taulukko 9. Maanäytteiden PCB- ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet.

Näyte	PCB- ja PAH-yhdisteet, mg/kg								
	PCB- tot.*	PAH	ANT	BaA	BaP	BkF	FEN	FLU	Naf
KokI08/I09	1,7	991	25	80	50	51	190	211	8,5
KokI11	0,25	223	7,6	21	15	15	25	44	0,65
KokI12	1,8	283	7,1	28	18	18	39	54	2,4
KokI14	0,22	21	0,54	2,2	1,6	1,7	1,6	3,6	<0,2
Kynnysarvo	0,1	15	1	1	0,2	1	1	1	1
Alempi o.a.	0,5	30	5	5	2	5	5	5	5
Ylempi o.a.	5	100	15	15	15	15	15	15	15

\* Summapitoisuus PCB-kongeneereille: 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180

Kiinteistön pohjoisosassa sijaitsevan veistämörakennuksen pohjoisvierustalla mitattiin erittäin korkeita pitoisuuksia raskasmetalleja (lyijyä 1 509 mg/kg ja sinkkiä 1 957 mg/kg, kuparia 591 mg/kg), PAH-yhdisteitä (kokonais-PAH: 991 mg/kg) sekä orgaanisia tinayhdisteitä (kuva 15): TBT:n ja TPT:n summapitoisuus 3,75 mg/kg. Butyyliytinayhdisteistä korkeimmat pitoisuudet olivat dibutyyliytinalla (2 mg/kg) ja tributyyliytinalla (1 mg/kg). Fenyylitina-yhdisteistä trifenyylitinan pitoisuus oli korkein: 3 mg/kg (kuva 15). Kaikkien PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat ylempiä ohjearvoja korkeampia. Korkeimmat pitoisuudet olivat fenantreenilla (190 mg/kg) ja fluoranteenilla (211 mg/kg) ja bentso(a)antraseenilla (80 mg/kg). Rakennuksen vierustalla ylittyi myös elohopean ja PCB-yhdisteiden alemmat ohjearvot. Alueelle on luultavasti tyhjennetty maali- ja hiontajätettä veistämörakennuksen sisätiloista.



Kuva 15. Orgaanisten tinayhdisteiden (TBT, DBT, MBT, TPT, DPT) pitoisuudet maanäytteissä (mg/kg).

Piha-alueiden maaperän pilaantuneisuus raskasmetalleista ulottuu tutkimusten perusteella maan ylimpään kerrokseen. Piha-alueilta syvemmältä otetuista näytteistä (kolme näytettä) yhdessä ylittyi sinkin alempi ohjearvo pitoisuudella 347 mg/kg syvyydeltä 10–30 cm. Näyte otettiin pohjoisimman veistämörakennuksen edustalla olevalta piha-alueelta, läheltä joen rantaa. Alueella on saatettu suorittaa maankaivuuta.

Veistämöiden maalattipohjat ovat kauttaaltaan voimakkaasti pilaantuneet ylimmän 20 cm:ä paksun kerroksen osalta raskasmetalleista. PAH-yhdisteiden pitoisuudet jäivät sen sijaan alle alemman ohjearvon. Keskimmäisen ja pohjoisimman rakennuksen (kuva 16) maalattipohjasta kerätystä kokoomanäytteestä mitattiin ylemmät ohjearvot ylittäviä pitoisuuksia kuparia (1 164 mg/kg), lyijyä (2 185 mg/kg), sinkkiä (959 mg/kg) sekä alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia elohopeaa (4 mg/kg). Näytteessä oli alemman ohjearvon ylittävä pitoisuus keskiraskaita (hiililuku C<sub>10</sub>–C<sub>21</sub>) öljyhiilivetyjä (pitoisuus 330 mg/kg) ja kynnysarvot ylittäviä pitoisuuksia PCB:tä (kok-PCB: 0,2 mg/kg). Näytteestä analysoitiin myös VOC-yhdisteet. Analysoitujen VOC-yhdisteiden (yht. 26 yhdistettä) pitoisuudet jäivät alle määritysrajan (<5,0 mg/kg). Syvemmältä otetusta näytteestä ei mitattu kynnysarvoja ylittäviä pitoisuuksia raskasmetalleja tai orgaanisia tinayhdisteitä.



Kuva 16. Kuva veistämörakennuksen sisältä (Kuva: Carita Forsberg-Heikkilä).

Telakka-alueen pilaantuneisuus rajoittuu tutkimusten perusteella telakka-alueen eteläosassa tutkimuspisteisiin 105 ja 110. Tutkimuspisteessä 110 mitattiin maaperästä syvyydeltä 20–40 cm kynnyksarvon ylittävä pitoisuus lyijyä. Lyijy saat-  
taa olla peräisin jätetäytöstä. Telakka-alueen pohjoispuolella maaperän pilaantu-  
neisuus sen sijaan ulottuu ainakin lähellä joen rantaa tutkimusalueen ulkopuolelle.  
Tutkimuspisteestä 104 mitattiin maan pinnasta korkea lyijyn pitoisuus  
(1 676 mg/kg). Venetelakan toiminta on saattanut ulottua alueelle aiemmin sen  
toimintahistorian aikana. Kiinteistön länsirajalla, Kokonniementien ja kiinteistön  
väliseltä alueelta mitattiin yhdessä pintamaanäytteessä ylemmän ohjearvon ylittä-  
vä pitoisuus kuparia (412 mg/kg) sekä alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia  
lyijyä. Tutkimuspisteessä havaittiin näytteenoton yhteydessä jätetäyttöä.

## 5.3 Sedimenttitutkimukset

### 5.3.1 Aiemmat sedimenttitutkimukset

Porvoonjoesta on otettu sedimenttinäytteitä vuonna 2001 (Tieliikelaitos 2001; SCC Viatek Oy 2001a; 2001b) ja 2003 (SCC Viatek Oy 2003; 2004) liittyen vierasvenesata-  
man rakenteiden uusimiseen ja jokiuoman kunnossapitoruoppauksiin. Vuonna  
2001 (Tieliikelaitos 2001; SCC Viatek Oy 2001a) sedimenttinäytteitä otettiin jään  
päältä suokairalla viidestä eri tutkimuspisteestä (kuva 17) molemmin puolin Por-  
voonjokea. Tutkimuspisteistä kaksi sijoittui Porvoonjoen länsirannalle; näytepiste  
S4 sijaitsi telakkakiinteistön pohjoisosan edustalla ja näytepiste S5 noin 50 metriä  
telakkakiinteistöstä pohjoiseen. Kolme tutkimuspistettä sijaitsi Porvoonjoen itä-  
rannalla (S1, S2, S3). Telakan edustalta otetusta näytteestä (S4) mitattiin korkeahko  
pitoisuus kuparia (166 mg/kg). Toisesta länsirannalta otetusta näytteestä (S5) mitat-  
tiin korkeita PAH-yhdisteiden pitoisuuksia: PAH-yhdisteiden summapitoisuus oli  
14,3 mg/kg ja yksittäisistä PAH-yhdisteistä korkein pitoisuus oli fenantreenilla  
(3 mg/kg). Telakan kohdalta, joen itärannalta otetuissa näytteissä (S1, S2) esiintyi  
korkeahkoja pitoisuuksia sinkkiä (235–280 mg/kg) ja lyijyä (76 mg/kg) sekä kohon-  
neita kevyiden (200 mg/kg) ja raskaiden (310 mg/kg) öljyhiilivetyjakeiden pitoi-  
suuksia. PAH-yhdisteiden summapitoisuus joen itärannalla oli 3 mg/kg. Itärannal-  
ta, noin 50 metriä joen yläjuoksun suuntaan, otetussa näytteestä (S3) oli koholla  
raskaiden hiilivetyjakeiden (260 mg/kg) ja PAH-yhdisteiden (summapitoisuus:  
5 mg/kg) pitoisuudet. (Tieliikelaitos 2001; SCC Viatek Oy 2001a). Sedimenttinäyt-  
teiden analyysitulokset on esitetty liitteen 12 taulukoissa 22–24.

Vuonna 2001 tehtiin lisätutkimuksia Porvoonjoen itärannalta (SCC Viatek Oy  
2001b). Näytteitä otettiin kahdesta tutkimuspisteestä tutkimuspisteiden S1 ja S2  
kohdalta (kuva 17). Näytteet otettiin sedimentin pinnasta syvyydeltä 0–10 cm.  
Näytteissä oli koholla lievästi koholla kuparin, sinkin, lyijyn ja öljyhiilivetyjen pi-  
toisuudet (liite 12). PAH-yhdisteistä (summapitoisuus 6–9 mg/kg) korkein pitoi-  
suus oli fenantreenilla: 1–2 mg/kg. (SCC Viatek Oy 2001b).

Vuonna 2003 (SCC Viatek Oy) sedimenttinäytteitä otettiin Porvoonjoen kun-  
nostusruoppaukseen liittyen kahdeksasta (1–8) tutkimuspisteestä (kuva 17). Yh-  
teensä otettiin 14 sedimenttinäytettä, joista kaksi (3, 4) oli telakan edustalla ja yksi  
(5) noin 25 m telakasta etelään. Kustakin tutkimuspisteestä otettiin näytteet syvyy-  
deltä 0–25 cm tai 0–30 cm sekä kuudesta tutkimuspisteestä (1, 3, 4–5, 7–8) näytteet  
myös syvyydeltä 25–50 cm. Telakan edustalla (tutkimuspisteet 3 ja 4) esiintyi kor-  
keahko kuparipitoisuus (124 mg/kg) sekä kohonneita pitoisuuksia kromia  
(77 mg/kg) ja lyijyä (59 mg/kg). Myös muissa tutkimuspisteissä esiintyi kohonneita  
raskasmetallien pitoisuuksia. Tributyyliitin pitoisuus analysoitiin neljästä näyt-



teestä ja sen pitoisuus vaihteli välillä 8–150 µg/kg (2–49 norm.µg/kg). Korkein pitoisuus mitattiin näytteestä joka otettiin noin 25 m telakkakiinteistöstä etelään (5). Muissa näytepisteissä (1, 6, 7, 8) TBT-pitoisuus vaihteli välillä: 8–31 µg/kg (2–10 norm.µg/kg). (SCC Viatek Oy 2003).



Kuva 17. Sedimenttinäytepisteet venetelakan ympäristössä (© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/08).

Vuoden 2003 telakka-alueen maaperätutkimusten yhteydessä (SCC Viatek Oy 2004) otettiin myös kaksi rantasedimenttinäytettä (Kk1, Kk2) telakan edustalta (kuva 17). Toinen näytteistä (Kk1) otettiin kiinteistön pohjoisosassa sijaitsevan veistämörakennuksen edustalta ja siitä analysoitiin raskasmetallien lisäksi tributyyliä. Tributyylin pitoisuus näytteessä oli 230 µg/kg (548 norm.µg/kg). Näytteestä mitattiin myös erittäin korkeita pitoisuuksia kuparia (937 mg/kg), lyijyä (7 490 mg/kg), sinkkiä (8 370 mg/kg), antimonia (110 mg/kg) ja tinaa (53 mg/kg). Myös elohopean pitoisuus oli korkea (10 mg/kg), mutta elohopean osalta tulos oli epäluotettava. Keskimmäisen veistämörakennuksen kohdalta rantasedimentistä otetusta näytteestä (Kk2) analysoitiin vain metallit ja puolimetallit. Näytteestä mitattiin korkeita pitoisuuksia arseenia (68 mg/kg), antimonia (62 mg/kg) ja tinaa (52 mg/kg) sekä erittäin korkeita pitoisuuksia kuparia (2 190 mg/kg), lyijyä (4 070 mg/kg) ja sinkkiä (1 850 mg/kg). (SCC Viatek Oy 2004).

### 5.3.2 Vuoden 2007 sedimenttitutkimukset

#### Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Selvitykseen liittyvillä sedimenttitutkimuksilla tarkasteltiin missä määrin venetelakan toiminta on aiheuttanut Porvoonjoen sedimentin horisontaalista ja vertikaalista pilaantumista haitta-aineista sekä kartoittaa kuinka laajalla alueella orgaanisia tinayhdisteitä on havaittavissa sedimentissä. Sedimenttinäytteet otettiin jään päältä maaliskuussa 2007 suokairalla yhteistyössä Helsingin yliopiston Geologian laitoksen kanssa.

Venetelakan edustalta ja Porvoonjoen ylä- ja alajuoksulta sekä merenlahdesta otettiin sedimenttinäytteitä yhteensä kuudesta (W1, W2, W3, W4, W7, W8) tutkimuspisteestä (kuva 18). Kustakin pisteestä otettiin talteen noin 0,5–1,0 metrin pituinen yhtenäinen sedimenttinäyte, joita säilytettiin (6 kk) kylmässä ja pimeässä Geologian laitoksella. Näytteistä otettiin myöhemmin osanäytteet, jotka lähetettiin analysoitavaksi SGS Inspection Services Oy:n laboratorioon Haminaan. Kustakin sedimenttinäytteestä otettiin osanäytteet sedimentin pintakerroksesta syvyydeltä 0–10 cm ja viidestä tutkimuspisteestä (W1, W3, W4, W7, W8) otettiin lisäksi osanäytteet pintasedimentin alapuolelta syvyydeltä 10–20 cm. Telakan edustalla sijaitsevasta tutkimuspisteestä (W7) otettiin lisäksi osanäyte syvyydeltä 20–30 cm.



Kuva 18. Sedimentin tutkimuspisteet venetelakan ympäristössä vuonna 2007 (© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/08).

Kaikista näytteistä analysoitiin metallit (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn, Sn) ICP-AES-tekniikalla. Yhdeksästä näytteestä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet eli: tetrabutyylitina (TeBT), tributyylitina (TBT), dibutyylitina (DBT), monobutyylitina (MBT), trifenyylitina (TPT), difenyylitina (DPT) sekä hehkutushäviö (ISO11465). Taulukossa 10 on esitetty näytteitä koskeva informaatio ja liitteen 11 taulukoissa 20 ja 21 analyysitulokset.

Taulukko 10. Sedimenttinäytteet vuonna 2007: näytetunnus, näytteenottosyvyys, näytteen kuvaus, analysoitavat yhdisteet sekä näytepisteen sijainti.

Näyte	Syvyys (cm)	Kuvaus	Analysoitavat yhdisteet	Näytepisteen sijainti
W8 A	0–10	SaLj	Metallit, TBT	Porvoonjoki: n.0,5 km telakan pohjoispuolella, noin 20 metriä rannasta, veden syvyys: 275 cm
W8 B	10–20	SaLj	Metallit	
W7 A	0–10	SaLj	Metallit, TBT	Porvoonjoki: telakkakiinteistön edusta (etelä-puoli), noin 20 metriä rannasta, veden syvyys: 194 cm
W7 B	10–20	SaLj	Metallit, TBT	
W7 C	20–30	SaLj	Metallit, TBT	
W4 A	0–10	SaLj	Metallit, TBT	Porvoonjoki: veneiden talvisäilytysalueen pohjoispuoli, veden syvyys: 296 cm
W4 B	10–20	SaLj	Metallit, TBT	
W3 A	0–10	SaLj	Metallit, TBT	Porvoonjoki: veneiden talvisäilytysalueen edusta, veden syvyys: 113 cm
W3 B	10–20	SaLj	Metallit	
W2 A	0–10	SaLj	Metallit, TBT	Meri: Sikosaaren itäpuoli, luonnonsuojelualue, veden syvyys: 94 cm
W1 A	0–10	SaLj	Metallit, TBT	Meri: Sikosaaren pohjoispuoli, laivojen kulkuväylä, veden syvyys: 105 cm
W1 B	10–20	SaLj	Metallit	

### Tulokset ja niiden tarkastelu

Taulukkoon 11 on koottu sedimenttinäytteiden metalli- ja puolimetallipitoisuudet. Porvoonjokea on viimeksi ruopattu vuonna 2003. Porvoon kaupungilta saatujen tietojen mukaan (Hällström 2007) tuolloin ruopattiin joen itäpuolta tutkimuspisteiden S1–S3 kohdalta ja joen länsipuolta tutkimuspisteiden 6 ja 8 kohdalta sekä tutkimuspisteen 7 kohdalta (kuva 17). Ruopatut alueet sijaitsivat  $\geq 80$  metrin päässä lähimmästä näytepisteestä (W7). Tätä ennen on Porvoonjokea ruopattu 1970-luvulla, jolloin ruoppauskohteena oli laivaväylä (Hällström 2007). Vuonna 2003 tehdyt ruoppaukset ovat voineet vaikuttaa tutkimustuloksiin.

Venetelakan edustalta (W7) otetuista näytteistä mitattiin korkeimmat raskasmetallien pitoisuudet. Sedimentin pinnassa (0–10 cm) oli lyijyä 36 mg/kg, sinkkiä 160 mg/kg ja kuparia 50 mg/kg. Pintasedimentin alapuolelta (10–20 cm) mitattiin korkein lyijypitoisuus (77 mg/kg), mutta kuparin ja sinkin pitoisuudet olivat samalla tasolla kuin sedimentin pinnassa. Syvyydeltä 20–30 cm otetussa näytteessä oli sen sijaan korkeimmat sinkki- ja kuparipitoisuudet: sinkkiä 192 mg/kg ja kuparia 62 mg/kg. Kadmiumin pitoisuus syvyydellä 20–30 cm oli 0,8 mg/kg. Myös kromin pitoisuus kasvoi syvemmälle sedimenttipatsaassa siirryttäessä, kromin pitoisuus oli syvyydellä 20–30 cm 125 mg/kg, kun sedimentin pinnassa sen pitoisuus oli 64 mg/kg.

Porvoonjoen yläjuoksulla tutkimuspisteessä W8 sinkin pitoisuus oli sedimentin pinnassa (107 mg/kg) korkeampi kuin pintasedimentin alapuolella (89 mg/kg). Lyijyn ja kuparin pitoisuudet olivat sedimentin pinnassa ja sen alapuolella samaa luokkaa: lyijyä 19–21 mg/kg ja kuparia 27–28 mg/kg. Venetelakasta etelään Porvoonjoen alajuoksun suuntaan tutkimuspisteestä W4 mitattiin pintasedimentistä sinkkiä 136 mg/kg, lyijyä 23 mg/kg ja kuparia 39 mg/kg. Pintasedimentin alapuolella (10–20 cm) sinkin, kuparin ja lyijyn pitoisuudet olivat samalla tasolla kuin se-



dimentin pinnassa. Nikkelin pitoisuus sen sijaan oli syvemmällä sedimenttipat-  
saassa 48 mg/kg, kun sedimentin pinnassa sen pitoisuus oli 28 mg/kg.

Tutkimuspisteessä W3, joka sijaitsi lähellä veneiden talvisäilytysaluetta, sedi-  
mentin pinnassa oli sinkkiä 152 mg/kg, kuparia 62 mg/kg ja lyijyä 20 mg/kg. Kad-  
miumin pitoisuus sedimentin pinnassa oli 0,7 mg/kg. Pintasedimentin alapuolella  
sinkin pitoisuus oli 105 mg/kg, kuparin 32 mg/kg ja lyijyn 25 mg/kg.

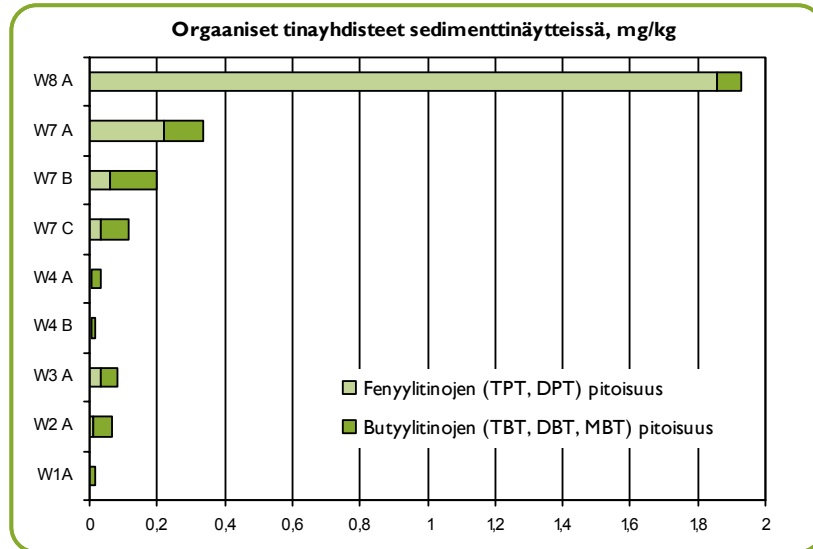
Porvoonjoen purkautumisalueella merenlahdessa tutkimuspisteessä W2 esiin-  
tyi sedimentin pinnassa sinkkiä 133 mg/kg, kuparia 41 mg/kg ja lyijyä 15 mg/kg.  
Tutkimuspiste sijaitsee luonnonsuojelualueella, ja sen ympäristössä ei ole vilkkaas-  
ti liikennöityä vesiväylää. Tutkimuspiste W1 sen sijaan sijaitsee vilkkaasti liiken-  
nöidyn vesiväylän äärellä. Tutkimuspisteen W1 pintasedimentissä esiintyi sinkkiä  
109 mg/kg, lyijyä 13 mg/kg ja kuparia 34 mg/kg. Pintasedimentin alapuolella sinkin  
pitoisuus oli 113 mg/kg, lyijyn 23 mg/kg ja kuparin 31 mg/kg.

Taulukko 11. Sedimenttinäytteiden (2007) metalli- ja puolimetallipitoisuudet.

Näyte	Metallit ja puolimetallit, mg/kg									
	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
W8 A	<8	58	<0,4	10	35	28	17	21	32	107
W8 B	<8	55	<0,4	<10	31	27	18	19	31	89
W7 A	<8	120	0,5	17	64	50	30	36	59	160
W7 B	<8	131	0,5	15	75	46	33	77	50	160
W7 C	<8	123	0,8	16	125	62	39	58	57	192
W4 A	<8	97	0,5	16	61	39	28	23	56	136
W4 B	<8	94	<0,4	15	57	36	48	25	53	131
W3 A	<8	123	0,7	17	62	45	29	20	54	152
W3 B	<8	70	0,5	12	39	32	25	25	33	105
W2 A	<8	101	0,6	16	64	41	35	15	60	133
W1 A	<8	78	0,5	13	50	34	27	13	44	109
W1 B	<8	74	<0,4	13	49	31	24	23	44	113

Kaikissa sedimenttinäytteissä esiintyi orgaanisia tinayhdisteitä (kuva 19). Al-  
haisimmat orgaanisten tinayhdisteiden pitoisuudet olivat näytteissä, jotka otettiin  
Porvoonjoen alajuoksulta ja merenlahdesta. Butyyli- ja fenyyli- tinayhdisteistä vallitsevana oli  
yhtä näytettä lukuun ottamatta monosubstituoitu muoto, eli monobutyyli-  
tina (MBT). Monobutyyli- tinan pitoisuus vaihteli näytteissä välillä 12–70 µg/kg. Telakan  
edustalla, sedimentin pinnasta butyyli- tinayhdisteistä runsaimpina esiintyi tribu-  
tyyli- tinan. Tributyyli- tinan pitoisuus vaihteli sedimenttinäytteissä välillä 1–61 µg/kg.  
Dibutyyli- tinan pitoisuus näytteissä vaihteli välillä <1–38 µg/kg. Tetrabutyyli- tinan  
pitoisuus jäi kaikissa näytteissä alle määritysrajan (<1 µg/kg).

Kahdessa näytteessä (W8 ja W7) esiintyi fenyyli- tinayhdisteitä runsaammin  
kuin butyyli- tinayhdisteitä (kuva 18). Huomattavan korkea fenyyli- tinayhdisteiden  
summapitoisuus (1 855 µg/kg) ja samalla korkein orgaanisten tinayhdisteiden eli  
OT-yhdisteiden pitoisuus (1 928 µg/kg) oli näytteessä, joka otettiin noin 500 metriä  
telakasta Porvoonjoen yläjuoksun suuntaan (W8). Muissa näytteissä fenyyli- tinayh-  
disteiden summapitoisuus vaihteli välillä <1–223 µg/kg. Toiseksi korkein fenyyli-  
tinayhdisteiden summapitoisuus oli näytteessä, joka otettiin telakan edustalta.  
Kaikissa näytteissä fenyyli- tinayhdisteistä vallitsevana oli trisubstituoitu muoto.  
OT-yhdisteiden summapitoisuus pieneni syvemmälle sedimenttipat- saassa mentä-  
essä. Syvemmälle siirryttäessä hajoamistuotteiden määrä kasvoi suhteessa trio-  
substituoituihin yhdisteisiin.



Kuva 19. Sedimenttinäytteiden butyyliatina- ja fenyyliatinayhdisteiden summapitoisuudet.

## 5.4 Yhteenveto

Koko venetelakkakiinteistön maaperän pintaosa on voimakkaasti pilaantunut raskasmetalleista, PAH-yhdisteistä sekä orgaanisista tinayhdisteistä. Raskasmetalleista ylemmän ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia oli lyijyllä, kuparilla, sinkillä, antimonilla ja arseenilla. Erityisen pilaantuneita alueita olivat kiinteistön eteläosa, josta mitattiin hyvin korkeita lyijyn (16 650 mg/kg), antimonin (7 020 mg/kg) ja sinkin (3 080 mg/kg) pitoisuuksia. Alueella on saatettu valaa lyijykölejä tai haitta-aineet voivat olla peräisin maali- ja hiontajätteestä. Myös kiinteistön pohjoisosassa sijaitsevan veistämörakennuksen pohjoisvierustalla mitattiin korkeita pitoisuuksia raskasmetalleja (lyijyä 1 509 mg/kg ja sinkkiä 1 198 mg/kg), PAH-yhdisteitä (kok-PAH 991 mg/kg) sekä orgaanisia tinayhdisteitä (TBT:n ja TPT:n summapitoisuus 4 mg/kg). Rakennuksen vierustalla ylittyi myös PCB-yhdisteiden alempi ohjearvo pitoisuudella 1,7 mg/kg. Alueelle on luultavasti tyhjennetty maali- ja hiontajätettä veistämörakennuksen sisätiloista. Veneiden kunnostus-, korjaus- ja talvisäilytyskäytössä olevat piha-alueet ovat pilaantuneet yleisimmistä antifouling-maalien tehoaineista, eli kuparista (22 252 mg/kg), sinkistä (9 675 mg/kg) ja lyijystä (4 148 mg/kg) sekä PAH-yhdisteistä. Myös veistämöiden maalattipohjat ovat kauttaaltaan voimakkaasti pilaantuneet ylimmän 20 cm paksun kerroksen osalta raskasmetalleista. Kiinteistön eteläosassa sijaitsevan veistämörakennuksen maalattiasta ei rakennuksen sortumavaaran takia voitu ottaa näytteitä. Telakka-alueen pilaantuneisuus rajoittuu tutkimusten perusteella telakka-alueen eteläosassa kiinteistön rajoihin. Telakka-alueen pohjoispuolella sen sijaan maaperän pilaantuneisuus ulottuu ainakin lähellä joen rantaa kiinteistön rajojen ulkopuolelle, josta mitattiin maan pinnasta korkea lyijyn pitoisuus (1 676 mg/kg). Kiinteistön länsirajalla mitattiin yhdessä näytteessä ylemmän ohjearvon ylittävä pitoisuus kuparia sekä alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia lyijyä. Maaperän pilaantuminen ei tutkimusten perusteella ulotu maaperän pintakerrosta syvemmälle (0–20 cm). Jätetäyttöä havaittiin kuitenkin kiinteistön eteläosassa olevan veistämörakennuksen ja ajotien välisellä alueella sekä kiinteistön kaakkois-nurkassa.

Tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella voidaan todeta, että venetelakan edustan rantasedimentin pintakerros (näytteet Kk1 ja Kk2) on voimakkaasti pilaantunut raskasmetalleista ja orgaanisista tinayhdisteistä. Koska rantasedimentti on

pilaantunut samoista raskasmetalleista, joita esiintyy telakka-alueen maaperässä ja pitoisuudet telakan edustalla ovat selvästi korkeammat kuin muualla Porvoonjoessa, ovat haitta-aineet todennäköisesti peräisin venetelakan toiminnasta. Rantasedimentissä erityisen korkeita pitoisuuksia oli lyijyllä (7 490 mg/kg), sinkillä (8 370 mg/kg) ja kuparilla (2 190 mg/kg) mutta myös kadmiumin (7,6 mg/kg) ja arseenin (68 mg/kg) pitoisuudet olivat korkeita. Orgaanisista tinayhdisteistä ainoastaan TBT:n pitoisuus analysoitiin vuonna 2003, ja sen pitoisuus oli 230 µg/kg. Myös muissa telakan edustalta otetuissa näytteissä haitta-aineiden pitoisuudet olivat korkeampia kuin muualla Porvoonjoessa.

Vuonna 2007 tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella on vaikea arvioida kuinka laajalle alueelle venetelakkatoiminnan vaikutukset ulottuvat. On epätodennäköistä että Porvoonjoen yläjuoksulta mitatut korkeat orgaanisten tinayhdisteiden pitoisuudet olisivat peräisin venetelakan toiminnasta. Todennäköisempää on, että orgaaniset tinayhdisteet ovat peräisin alueella liikennöivistä ja säilytettävistä veneistä. Yläjuoksulta mitatun korkean fenyylytinapitoisuuden (3 218 µg/kg) voi selittää myös niin sanottu *hippuefekti*, eli näytteessä on ollut yksittäinen maalihiukkanen, joka on sisältänyt korkeita TPT-pitoisuuksia. Tehtyjen sedimenttitutkimuksiin nojaten on kuitenkin selvää, että venetelakkatoiminnasta aiheutuu haitta-ainepäästöjä vesistöön ja haitta-aineita on ajan kuluessa kertynyt joen pohjasedimenttiin, mutta sedimentin pilaantuminen ei ole kovin merkittävää.

## 6 Yhteenveto ja johtopäätökset

### 6.1 Venetelakkatoiminnan laajuus

Venetelakat tarjoavat veneilijöille alusten korjaus-, huolto- ja telakointipalveluita sekä usein myös moottoreiden korjaus-, huolto- ja säilytyspalveluita. Veneveistämöt sen sijaan ovat keskittyneet veneiden rakentamiseen. Venetelakat ja -veistämöt sijaitsevat usein vesistön äärellä ja erityisen paljon veistämötoimintaa on keskittynyt eräiden rannikkopaikkakuntien, kuten Porvoon, Helsingin, Turun, Vaasan, Kristiinankaupungin ja Kokkolan alueille. Venetelakka- ja veneveistämötoiminnan aktiivisuus ja toiminnan laajuus noudattelee yleistä talouskehitystä. 1920-luvulla Suomessa oli pieniä veneveistämöitä 86 kappaletta ja suurikokoisempia tehdaslaitoksiksi luettavia vene- tai laivaveistämöitä 37 kappaletta. Veistämöiden määrä kuitenkin väheni seuraavien vuosikymmenten aikana, joita leimasivat sodat ja lama. Niinpä suurikokoisia puulaiva- ja veneveistämöitä oli 1940-luvulle tultaessa enää muutama kappale. 1940-luvun loppupuolella veistämötoiminta alkoi jälleen vilkastua Neuvostoliitolle rakennettavien sotakorvausalusten vuoksi: vuonna 1947 suuria puu- ja laivaveistämöitä oli Suomessa jo noin 30 kappaletta. Sotakorvaustoimitusten päättyttyä veistämöiden määrä koki notkahduksen, mutta koska yhteistyö Neuvostoliiton kanssa edelleen jatkui ja toisaalta tilauksia tuli myös muualta ulkomailta, alkoi 1950-luvun puolivälistä lähtien veneteollisuus elää nousukautta. Vuonna 1953 veneilyala käsitti Suomessa noin 240 veistämöä tai telakkaa ja runsas kymmenen vuotta myöhemmin veneilyala käsitti jo noin 360 toimipaikkaa. 1970-luvun tuntumassa veistämöitä ja telakoita oli Suomessa jo lähes 450. 1970- ja 1980-luvuilla siirtyi moni veneenrakentaja eläkkeelle ja 1990-luvulla lama vaikutti myös veneteollisuuteen. Laman päättyttyä on veneteollisuus jälleen elänyt nousukautta ja 2000-luvulla on toimialalla ollut jälleen lähes 450 veneilyalan toimijaa.

### 6.2 Kemikaalit ja haitta-aineet

Venetelakoilla käytetään erityyppisiä kemikaalituotteita, kuten erilaisia maaleja, lakkoja, liuottimia, öljytuotteita, lahonsuoja-aineita, liimoja, kittejä, pesuaineita, vahoja ja kiillotteita. Nämä erityyppiset tuotteet sisältävät erilaisia epäorgaanisia ja orgaanisia haitta-aineita. Maalituotteista antifouling- ja korroosionestomaalit ovat sisältäneet raskasmetalleja, orgaanisia tinayhdisteitä ja PCB-yhdisteitä. Maalituotteet sisältävät myös orgaanisia liuottimia, jotka voivat sisältää merkittäviä määriä PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä sisältävät myös venetelakoilla käsiteltävät öljytuotteet, kuten polttoaineet ja voiteluöljyt sekä perinteinen terva. Puuveneiden lahon- ja homeenestoaineet ovat sisältäneet ympäristölle haitallisia aineita, kuten pentakloorifenolia ja kreosoottiöljyä. Kemikaalituotteita ja niiden sisältämiä haitta-aineita päätyy ympäristöön veneen pintakäsittelyn yhteydessä maaliroiskeina, rungon hiomisen yhteydessä maalilastuina tai -pölynä, veneen pesun ja pilssiveden tyhjentämisen yhteydessä, moottorin huoltotoimenpiteissä, liukenemalla vesille laskettujen alusten pinnoista sekä huolimattoman jätteenkäsittelyn seurauksena.

## 6.3 Ympäristötutkimukset

### 6.3.1 Telakoiden ja talvisäilytysalueiden maaperän tila

Venetelakoilla ja veneveistämöillä on Suomessa tehty hyvin vähän maaperätutkimuksia. Veneiden talvisäilytysalueilla on maaperää tutkittu runsaammin, samoin suurikokoisilla laivatelakoilla. Telakoiden ja veneiden talvisäilytysalueiden maaperän on todettu paikoitellen pilaantuneen eri haitta-aineista. Yleisimmin laivate-lakoiden maaperä on pilaantunut raskasmetalleista, joista kuparin, nikkelin ja kromin pitoisuudet voivat ylittää ylemmän ohjearvopitoisuuden jopa kymmenker-taisesti. Myös sinkin, lyijyn ja koboltin pitoisuudet ovat laivatelakoilla olleet kor-keita. VOC-yhdisteistä telakoiden maaperässä tavattiin bentseeniä ja ksyleeniä.

Veneiden talvisäilytysalueilla tehtyjen maaperätutkimusten perusteella tal-visäilytysalueiden maaperä on paikoin pilaantunut voimakkaasti raskasmetalleista sekä orgaanisista haitta-aineista, kuten PCB- ja PAH-yhdisteistä sekä orgaanisista tinayhdisteistä. Raskasmetalleista korkeimmat pitoisuudet esiintyivät lyijyllä, sin-killä ja kuparilla. Harvemmin talvisäilytysalueiden maaperässä esiintyi arseenia, kromia, nikkeliä tai elohopeaa. PAH-yhdisteitä on esiintynyt joissakin kohteissa ja yleisimmät PAH-yhdisteet olivat bentso(a)pyreeni, bentso(k)fluoranteeni, fenant-reeni ja fluoranteeni. Myös PCB-yhdisteitä esiintyi talvisäilytysalueiden maaperäs-sä, mutta useimmiten pitoisuudet olivat kynnsarvon ja alemman ohjearvopitoi-suuden välissä. Liuottimista bentseeniä esiintyi joissakin kohteissa. Myös orgaanis-ten tinayhdisteiden pitoisuudet voivat talvisäilytysalueilla olla korkeita. Tributyy-litinan ja trifenyylitinan summapitoisuus oli Helsingissä korkeimmillaan lähes 6 mg/kg.

Esimerkkikohteena olleen venetelakan maaperä on lähes sata vuotta kestäneen telakka- ja veistämötoiminnan aikana ehtinyt pilaantua erityisen voimakkaasti. Esimerkkitelakalla koko kiinteistön alue on pilaantunut raskasmetalleista: pääasi-assa lyijystä, kuparista ja sinkistä. Paikoitellen telakan maaperässä esiintyi myös erittäin korkeita antimonin ja arseenin pitoisuuksia. Myös PAH-yhdisteitä ja or-gaanisia tinayhdisteitä esiintyi maaperässä. Korkein tributyyli- ja trifenyylitinojen summapitoisuus piha-alueilla oli lähes 4 mg/kg ja veistämörakennusten maalat-tiapohjassa 98 mg/kg. Kaikkien analysoitujen PAH-yhdisteiden pitoisuudet ylitti-vät naftaleenia lukuun ottamatta valtioneuvoston asetuksen ylemmät ohjearvot. PCB-pitoisuudet jäivät telakan alueella alemman ja ylemmän ohjearvopitoisuuden väliin.

### 6.3.2 Sedimentin tila telakoilla ja satamissa

Laivatelakoiden ympäristön sedimentti on tehtyjen ympäristötutkimusten perus-teella pilaantunut raskasmetalleista ja orgaanisista haitta-aineista, kuten orgaani-sista tinayhdisteistä ja PCB-yhdisteistä. Raskasmetalleista korkeimmat pitoisuudet telakoiden ympäristössä oli lyijyllä, kuparilla ja sinkillä. Myös kromin, nikkelin ja elohopean pitoisuudet voivat olla koholla. Vuosaaren telakan edustalla esiintyi myös korkeita PCB-yhdisteiden pitoisuuksia. Orgaanisista tinayhdisteistä run-saimpana telakoiden edustoilla esiintyi tributyylitina eli TBT. Myös trifenyylitinaa ja TBT:n hajoamistuotteita voi sedimentissä esiintyä. Korkeimmat haitta-aineiden pitoisuudet esiintyivät lähes poikkeuksetta Vuosaaren telakalla. Venesatamien edustoilla haitta-ainepitoisuudet voivat olla kuparin, sinkin ja öljyhiilivetyjen osal-ta samaa suuruusluokkaa kuin telakoilla. Veneiden talvisäilytysalueiden edustoilla ei varsinaisesti ole tehty sedimenttitutkimuksia, ja usein talvisäilytysalueet sijaitse-vatkin huvivenesatamien yhteydessä, jolloin on vaikea arvioida missä määrin se-dimentissä esiintyvät haitta-aineet ovat peräisin talvisäilytysalueen toiminnasta.

Esimerkkikohteena ollut telakka sijaitsee Porvoonjoen varrella. Telakan edustan rantasedimentistä on mitattu korkeimmat haitta-aineiden pitoisuudet: lyijyä yli 7 000 mg/kg, sinkkiä yli 8 000 mg/kg, kuparia yli 2 000 mg/kg, kadmiumia yli 7 mg/kg ja arseenia yli 60 mg/kg. Tributyyylitinaa rantasedimentissä oli 200 µg/kg. Muualla Porvoonjoessa sedimentin haitta-ainepitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa muiden tutkittujen venesatamien kanssa. Ainoastaan trifenyylitinan pitoisuus oli erityisen korkea Porvoonjoen yläjuoksulla, venetelakan pohjoispuolella. Trifenyylitinan pitoisuus oli sedimentin pinnassa 1 600 µg/kg (3 200 norm.µg/kg). Korkea pitoisuus voi olla ns. *hippuefektin* aiheuttama.

Sisävesialueilla sijaitsevilla telakoilla on tämänhetkisen tietämyksen mukaan Suomessa tehty vain yksi maaperätutkimus (Vehkosaari, Hollola) eikä lainkaan sedimenttitutkimuksia. Tästä johtuen ei johtopäätöksiä maaperän ja sedimentin tilan eroista sisämaassa ja rannikolla sijaitsevien telakoiden välillä voida tehdä. Voisi olettaa että sisävesillä, missä fouling-haittoja ei esiinny, ei myöskään telakoilla olisi ollut käytössä esimerkiksi orgaanisia tinayhdisteitä sisältäviä antifouling-maaleja. Kuitenkin on luultavampaa että myös sisämaassa on "varmuuden vuoksi" alukset maalattu myös myrkkymaaleilla.

## 6.4 Venetelakkatoiminta ja ympäristö

Riskinarvioinnin tarkoituksena on tunnistaa, määritellä ja luonnehtia kohteen aiheuttamia riskejä elottomaan (esimerkiksi rakennukset, rakenteet) ja elolliseen luontoon (terveysriskit, ekologiset riskit) (Sorvari & Assmuth 1998). Venetelakka- ja veneveistämis-toimintaan liittyvien ympäristöriskien yleistä luonnehdintaa vaikeuttaa se, että toimiala pitää sisällään hyvin vaihtelevan kokoisia ja tyyppisiä kohteita. Toiminnassa ja sen sijoittumisessa on kuitenkin myös paljon yhtäläisyyksiä. Ympäristötutkimusten kohteena ollut venetelakka edustanee toimialalla lähes pahinta mahdollista tapausta, jossa toiminta on jatkunut erityisen pitkään ja se on ollut suhteellisen laajaa. Tästä syystä myös ympäristön pilaantumista on tapahtunut huomattavassa määrin. Pienet veneveistämöt, joita toimialalla on runsaasti ja joiden toiminta koostuu esimerkiksi sisätiloissa tapahtuvasta veneiden rakentamisesta, sen sijaan edustanevat toimialalla pienintä ympäristölle aiheutuvaa riskiä. Riskien tunnistamisen ja luonnehdinnan apuna on käytetty riskinarviointioppaita (Sorvari & Assmuth 1998; Ympäristöministeriö 2007).

Toimialaa yhdistävä tekijä on toiminnan sijoittuminen vesistön, kuten meren tai joen äärelle sekä toiminnan rajautuminen suoraan rantaviivaan. Veneveistämöt voivat olla pinta-alaltaan hyvin pieniä. Yhden hengen veneveistämisessä veneitä on veistetty veneenrakentajan asuinkiinteistöllä sijainneessa veneverstaassa. Myös venetelakat ovat kooltaan usein melko pieniä, useimmiten pinta-alaltaan 0,5–1 hehtaarin kokoisia (Penttinen & Kauppila 2001).

Pilaantumista aiheuttava toiminta, sijoittuu pääasiassa rannan tuntumaan, jolloin haitta-aineita voi sadannan ja valumavesien mukana kulkeutua ja kertyä maaperän lisäksi venetelakan edustan sedimenttiin ja vesistöön. Pintavalumavesien määrään vaikuttaa maan kaltevuus ja laatu, ojitukset, kasvillisuuden määrä sekä mahdollinen viemärointi. Lisäksi esimerkiksi kevättulvien yhteydessä saattaa vedenpinta nousta niin korkealle, että vesi pääsee suoraan huuhtomaan haitta-aineita telakkakiinteistön alueelta (kuva 20). Sedimenttiin ajan kuluessa kertyvät haitta-aineet voivat hajota erittäin hitaasti – jos lainkaan – ja siksi niihin liittyvillä riskiteijillä on pitkä ajallinen ulottuvuus. Toisaalta haitta-aineiden sitoutuminen sedimenttiainekseen vähentää niiden biosaatavuutta. Sedimentissä tapahtuvaa resuspension eli uudelleen liikkeelle lähtemisen mahdollisuutta lisäävät vilkas veneliikenne, ruoppaukset sekä muut ympäristöolosuhteissa kuten veden virtaamassa

tapahtuvat muutokset. Resuspension kautta haitta-aineet voivat päätyä takaisin vesifaasiin ja voivat kulkeutua kauaskin päästölähteestään. Mikäli venetelakka sijaitsee vilkkaasti liikennöidyn väylän tai satama-alueen tuntumassa on kuitenkin vaikeaa erotella missä määrin vesistön ja sedimentin pilaantumista on aiheuttanut itse telakan toiminta.



Kuva 20. Vedenpinta saattaa nousta ajoittain venetelakan alueelle (Kuva: Kaija Savelainen).

Venetelakoilla käytetään useita erityyppisiä kemikaalituotteita ja siksi ympäristön pilaantumista aiheuttavat hyvinkin erityyppiset ja eri tavalla ympäristössä käyttäytyvät haitta-aineet. Pilaantumista aiheuttavien haitta-aineiden joukossa on erittäin toksisia yhdisteitä, kuten tributyyli- ja trifenyylitina sekä erittäin pysyviä yhdisteitä, kuten PCB-yhdisteet mutta myös helposti haihtuvia yhdisteitä sekä yhdisteitä, joiden ekologisista ja terveysvaikutuksista ei vielä ole riittävästi tietoa. Koska pilaantuneisuutta aiheuttavat erityyppiset kemialliset yhdisteet, voivat niiden yhteisvaikutukset olla arvaamattomia.

Venetelakoilla maaperän pilaantuneisuus keskittyy rannan ja verstaiden tuntumaan. Pilaantuneisuus voi kuitenkin ulottua lähes koko telakan alueelle, mikäli toiminta on jatkunut pitkään. Erityisen pilaantuneita alueita ovat ympäristötutkimusten perusteella maalattiapohjaiset rakennukset. Telakan tai veistämön alueelta voi löytyä myös pistemäisiä korkeita haitta-aineiden pitoisuuksia ennalta arvaamattomista paikoista, kuten kiinteistön reuna-alueilta tai rakennusten seinustoilta, huolimattoman jätteenlajityksen vuoksi. Ongelmajätteeksi luokiteltavia jätteitä, kuten hiekkapuhaltamisessa syntynyttä haitta-aineita sisältävää hiekkaa tai maalitynnyreitä, on myös voitu käyttää maanrakennusaineena telakan alueella. Tällöin korkeita haitta-aineiden pitoisuuksia voi esiintyä syvälläkin maaperässä.

Maaperä venetelakoilla on useimmiten maaperän kantavuuden parantamisen vuoksi osittain täyttömaata, joka usein on heikosti vettä (ja haitta-aineita) pidättävää hiekkaa tai soraa. Maaperä voi myös olla osittain pinnoitettu tai luonnonmaata, kuten savea. Mikäli täyttömaan alkuperä ja koostumus eivät ole tiedossa, se voi jo itsessään sisältää haitta-aineita. Karkearakeisesta ja hyvin vettä johtavasta maaineksesta haitta-aineiden kulkeutuminen on todennäköisempää ja ne voivat kulkeutua myös pohjaveteen. Haitta-aineiden pidättymistä vähentää orgaanisen, hyvin haitta-aineita pidättävän humuskerroksen puuttuminen. Asfaltilla pinnoitetul-

ta alueelta haitta-aineiden huuhtoutuminen lisääntyy, mikä lisää lähellä sijaitsevan vesistön pilaantumisen vaaraa.

Venetelakkatoiminnalle on ominaista sen kausiluonteisuus: aktiivisinta toiminta on syksyllä veneilykauden päättyessä, sekä alkukevällä ennen veneilykauden alkua. Toiminnan kausiluonteisuudesta johtuen myös mahdolliset haitta-ainepäästöt tapahtuvat jaksottaisesti, korkeimpien päästöpiikkien ollessa keväisin ja syksyisin. Erityisesti keväällä, kun sitova kasvillisuus puuttuu ja toisaalta lumen sulamisvedet ja sateet huuhtovat telakka-alueen maaperää, on ympäristölle haitallisten aineiden päätyminen läheiseen vesistöön mahdollista. Syksyllä tai keväällä voidaan harjoittaa hiekkapuhaltamista, joka ilman asianmukaisia suojarakenteita aiheuttaa haitta-aineiden pölyämistä sekä kulkeutumista laajalle alueelle.

Venetelakat sijaitsevat usein kaupunkien tuntumassa ja niiden läheisyydessä voi sijaita asutusta tai työpaikkoja. Suurin toiminnan aiheuttama terveysriski kohdistuu telakalla toimiviin työntekijöihin sekä niihin veneilijöihin, jotka huoltavat telakalla omatoimisesti veneitään. Erityisen pilaantuneita alueita voivat olla maallatiapohjaiset veneverstaat ja -hallit, joissa myös altistuminen haitallisille aineille, kuten helposti haihtuville yhdisteille on suurinta. Todennäköisimmät ihmisen altistumisreitit haitallisille aineille ovat hengitysteiden (maan pölyäminen ja haihtuvat yhdisteet hengitysilmassa) sekä ihon kautta. Mikäli asutusta, kevyen liikenteen kulkuväyliä, päiväkoteja, kouluja tai työpaikkoja on telakan läheisyydessä, on altistumisen todennäköisin kulkureitti hengitysteiden kautta (maan pölyäminen). Vesistöön päätyneet haitta-aineet voivat rikastua ravintoketjussa, jolloin ihminen voi altistua haitta-aineille myös ravinnon kautta (esimerkiksi kalat) tai haitta-aineille voi altistua vedessä uimisen tai sen pesu- tai juomavetenä käyttämisen myötä.

## 6.5 Jatkotoimenpiteet

### 6.5.1 Tutkimusten tarve

Tähän mennessä ympäristötutkimusten kohteena ovat olleet lähinnä kooltaan suuret telakat (laivatelakat). Tutkituissa kohteissa on esiintynyt paikoitellen korkeita haitta-ainepitoisuuksia niin maaperässä kuin sedimentissä. Suurikokoisten venetelakoiden, joissa toiminta on jatkunut pitkään, maaperä on todennäköisesti pilaantunut ainakin paikoitellen epäorgaanisista ja orgaanisista haitta-aineista. Venetelakan toiminta-aika vaikuttaa oleellisesti sen ympäristössä esiintyviin haitta-aineisiin. Ympäristössä haitallisimpia orgaanisia haitta-aineita, eli orgaanisia tinayhdisteitä ja PCB-yhdisteitä, voidaan tavata venetelakoiden maaperässä, jotka ovat toimineet aikavälillä 1950–1990. Raskasmetalleja, kuten lyijyä, kuparia, sinkkiä ja elohopeaa, voi sen sijaan esiintyä myös sellaisten venetelakoiden ja -veistämöiden maaperässä, jotka ovat toimineet jo 1900-luvun alussa tai tätä aiemmin. Toiminnan laajuus vaikuttaa merkittävästi alueen pilaantuneisuuteen. Venetelakan tai -veistämön toiminnan laajuutta voidaan arvioida työntekijöiden tai alusten lukumäärän mukaan, kiinteistön koon ja sillä olevan rakennuskannan perusteella sekä sen mukaan onko toimintaa vain osan aikaa vuodesta vai ympäri vuoden.

Maaperätutkimuksia tulisi toteuttaa pienillä venetelakoilla, jotka ovat toimineet pitkään, sillä pienillä venetelakoilla ei tämän hetkisen tiedon mukaan ole tehty ympäristötutkimuksia. Maaperätutkimuksia voisi toteuttaa myös sisämaassa sijaitsevalla ja pitkään toimineella melko suurikokoisella venetelakalla. Erityisesti tutkimuskohteena olisivat tällöin orgaaniset tinayhdisteet ja se, onko tributyyli- ja trifenyylitinaa sisältäviä antifouling-maaleja käytetty myös sisävesialueilla.



Sedimenttitutkimusten kohteena voisi olla sellainen venetelakka, jonka läheisyydessä ei ole muita päästölähteitä, eli telakka, joka ei sijaitse venesataman tai vilkkaasti liikennöidyn vesiväylän varrella. Näin voitaisiin arvioida venetelakatoiminnan haitta-ainepäästöjen suuruutta vesistöön ja sedimenttiin luotettavammin. Venetelakkatoiminnan on esimerkkikohteessa aiemmin toteutettujen sedimenttitutkimusten perusteella todettu pilanneen ainakin telakan edustan rantsedimenttiä. Sitä, ulottuuko telakkatoiminnan aiheuttama sedimentin pilaantuneisuus ranta-aluetta pidemmälle, ei tehtyjen tutkimusten perusteella voitu arvioida. Tämä johtuu telakan lähialueella sijaitsevista muista mahdollisista päästölähteistä (venesatama, vilkas vesiliikenne, muu teollinen toiminta).

Orgaanisista yhdisteistä jäähdytinnesteenä käytettyä monoetyleeniglykolia sekä antifouling-maalien tehoaineina 1990-luvulta lähtien käytettyjä tehostajabiosidejä, kuten Irgarol 1051:tä, ei Suomessa ole ympäristötutkimusten yhteydessä tutkittu. Monoetyleeniglykoli on ollut venetelakoilla käytössä pitkään ja jäähdytinnesteitä käytetään moottoreiden talvisäilytyksessä runsaasti, joten päästöjä ympäristöön on luultavasti tapahtunut. Monoetyleeniglykolin ympäristölle vaarallisuus perustuu sen erittäin korkeaan biokertyvyyteen. Tehostajabiosidit ovat kuuluneet ennakkovalvonnan piiriin vasta vuodesta 2002 lähtien. Tätä ennen on Suomessa markkinoilla ollut nykyisin hyväksytyjen biosidien lisäksi muitakin tehostajabiosidejä, kuten Irgarol 1051:tä. Ulkomailla tehostajabiosidejä on esiintynyt venesatamien ympäristössä, joten on todennäköistä että myös meillä venetelakoiden edustan sedimentissä voi esiintyä tehostajabiosidejä. Venesatamissa ja venetelakoiden edustoilla tehtävissä sedimentti- ja vesitutkimuksissa voisi analysoida myös tehostajabiosideistä ainakin Irgarol 1051 sekä orgaanisista liuottimista monoetyleeniglykoli.

## 6.5.2 Kartoituksen tarve ja tietolähteet

Suomessa ei ole kattavasti kartoitettu valtakunnallisesti venetelakoita ja veneveistämöitä. Joidenkin alueellisten ympäristökeskusten, kuten Lounais-Suomen ympäristökeskuksen, alueella on kartoitettu venetelakoita ja veneiden talvisäilytysalueita kunnan viranomaisille lähetettyjen kyselytutkimusten avulla (Ahola 2002). Venesatamien ja veneiden talvisäilytysalueiden sijainnit onkin helppo selvittää. Suomen ympäristökeskuksessa kartoitettiin valtakunnallisesti vuonna 2000 selvityksen *Venetelakoiden ja talvisäilytysalueiden maaperän kunnostustarve -esiselvitys* yhteydessä veneseuroille ja kunnille lähetetyin kyselytutkimuksin veneiden talvisäilytysalueiden ja venetelakoiden määrää Suomessa. Kyselytutkimuksen tuloksena kartoitettiin yli 180 veneiden talvisäilytysaluetta ja 17 venetelakkaa. Esiselvityksessä arvioitiin, että yhä toimivia tai toimintansa jo lakkauttaneita veneiden talvisäilytysalueita olisi Suomessa kuitenkin noin 600 kappaletta ja toiminnassa olevia venetelakoita noin 150. (Penttinen & Kauppila 2001). Myös Helsingin kaupungin alueella on kartoitettu veneiden talvisäilytyspalveluita tarjoavien venetelakoiden lukumääriä. Vuonna 2001 (Airola 2003) Helsingissä toimi yhteensä 18 venetelakkaa, jotka tarjosivat veneiden talvisäilytyspalveluita.

Toimintansa jo lopettaneita venetelakoita on Suomessa kartoitettu Lounais-Suomen ympäristökeskuksen toiminta-alueen lisäksi tähän selvitykseen liittyen Porvoon alueelta. Aina ei kuitenkaan kuntien viranomaisillakaan ole tiedossa alueellansa toimineista venetelakoista ja veneveistämöistä, ja tällöin täytyy kartoituksen tietolähteinä käyttää arkistoja sekä kirjallisuutta. Luotettavimman tiedon venetelakoiden ja veistämöiden määristä saa vuodesta 1968 eteenpäin yritysrekisteristä ja tätä ennen vuosilta 1953 ja 1964 liikeyrityslaskennoista. Arkistoja säilytetään tilastokeskuksessa. Tietoa 1900-luvun alun tai 1800-luvun lopun veistämöistä saa teollisuustilastoista, joissa on mukana osa suurikokoisista veneveistämöistä sekä osa

laivaveistämöistä. Muita hyödyllisiä tietolähteitä ovat vanhat puhelinluettelot eli Sinisiksi kirjoiksi kutsutut Suomen talouselämän hakemistot, joita on ilmestynyt vuodesta 1937 lähtien 3–4 vuoden välein. Osoitetiedot ovat kuitenkin näissäkin usein puutteelliset, etenkin maaseudulla, mutta hakemistoista saa kuitenkin kuvan siitä, kuinka paljon telakoita ja veistämöitä on kunnan alueella sijainnut.

## TEKIJÄN KIITOKSET

Haluan kiittää ohjausryhmääni: Kaija Savelaista (UUS), Jussi Reinikaista (SYKE), Kenneth Holmia (SYKE), Carita Forsberg-Heikkilää (Porvoon kaupunki) sekä Veli-Pekka Salosta (Helsingin yliopisto) työni ohjaamisesta. Ohjausryhmän ulkopuolelta kiitän Arto Kultamaata (SYKE), Kimmo Järvistä (Ramboll Finland Oy) ja Hannu Airolaa (Helsingin kaupungin liikuntavirasto) hyvistä kommentteista.

Erityisen paljon haluan kiittää ohjaajaani Kaija Savelaista Uudenmaan ympäristökeskuksesta. Kaijan antamat kommentit ja ehdotukset itse raportista sekä tuki raportin kirjoitusvaiheessa, ovat olleet minulle erittäin tärkeitä.

Helsingin yliopiston Geologian laitokselta haluan kiittää ympäristögeologian professori Veli-Pekka Salosta, josta oli korvaamaton apu sedimenttitutkimusten suunnittelussa ja toteuttamisessa. Kiitokset kuuluvat myös tutkija Tomi Luodolle ja Frauke Kubischalle, joista oli suuri apu sedimenttinäytteiden otossa. Kiitän myös Ramboll Finland Oy:ltä Jukka Tengvallia ja Tuuli Aaltosta maaperätutkimusten suunnittelusta ja toteuttamisesta esimerkkitelakalla.

Haluan myös kiittää Veneenrakentaja Per-Olof Krausea, joka on avuliaasti kertonut venetelakkatoiminnasta ja auttanut minua Porvoon venetelakoiden ja veneveistämöiden kartoitustyössä sekä antanut kommentteja raportin sisällöstä. Kiitän myös venetelakkayrittäjä Keijo Saarista sekä venetelakkayrittäjä Pekka Kosusta Hopeasalmen Telakalta sekä Mustikkamaan Telakan telakkayrittäjiä siitä, että sain tutustua heidän telakoillaan nykyaikaiseen venetelakkatoimintaan.

Kiitokset kuuluvat myös: Tilastokeskuksen arkiston työntekijöille, joilta sain apua kartoitustyössä; sekä ent. Suomen IP-Tekniikka Oy:lle, Ramboll Finland Oy:lle, Lounais-Suomen ympäristökeskukselle sekä Suomenlinnan hoitokunnalle, joiden kautta olen saanut julkaisemattomia ympäristötutkimuksia.

Kiitän vielä lopuksi Uudenmaan ympäristökeskuksen ympäristönsuojeluosaston osastopäällikkö Eija Lehtosta sekä koko osaston työntekijöitä myönteisestä, iloisesta ja vastaanottavaisesta työilmapiiristä sekä erityisesti PIMA-ryhmän jäseniä.

Helsingissä maaliskuussa 2008

Paula Pitkäranta

Harjoittelija, Uudenmaan ympäristökeskus

Ympäristögeologian opiskelija, Helsingin yliopisto, Geologian laitos

## LÄHTEET

- Aatelo, M. (toim.) 1995. Lähteitä tuotteiksi: öljyn tie. Chemas, Helsinki. 159 s. ISBN 952-9597-35.
- Ahola, R. 2002. Paatin skrabausko ympäristöongelma? Ympäristöviesti 2002 (keväät): 27. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Alueelliset ympäristökeskukset > Lounais-Suomi > Palvelut ja tuotteet > Julkaisut > Asiakaslehti Ympäristöviesti. [Viitattu 1.3.2008.]
- Ahonen, I. 1997. Saastuneen maaperän kunnostustyön työsuojelu. Julk.: Nikulainen, V. ja Pyy, O. (toim.). Huoltoasemien maaperän kunnostus. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 132. S. 57–60. ISBN 952-11-0976-9.
- Airola, H. 2003. Veneiden talvisäilytys. Helsingin kaupungin liikuntavirasto, Helsinki. Liikuntaviraston julkaisuja 2003, sarja B33. 72 s + liitteet. ISBN 952-473-125-8.
- Alloway, B.J. 1990. Heavy metals in soils. Blackie, Glasgow. 339 s. ISBN 0-216-92698-X.
- Almeida, E., Diamantino, T.C. & de Sousa, O. 2007. Marine paints: The particular case of antifouling paints. Progress in organic coatings 59(1): 2–20.
- Alzieu, C. 2000. Environmental impact of TBT: the French experience. The Science of The Total Environment 258(1–2): 99–102.
- Autio, L. 2004. TBT- ja raskasmetallikartoitus telakoiden ja venesatamien edustoilta Helsingissä vuonna 2003. Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Helsinki. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 2/2004. 8 s. [www.hel.fi/ymk](http://www.hel.fi/ymk) > Julkaisut > Monisteet > 2004. [Viitattu 8.2.2008.]
- Biselli, S., Bester, K., Hühnerfuss, H. & Fent, K. 2000. Concentrations of the Antifouling Compound Irgarol 1051 and of Organotins in Water and Sediments of German North and Baltic Sea Marinas. Marine Pollution bulletin 40(3): 233–243.
- Brack, K. 2001. Organotin compounds in sediments from the Göta Älv estuary. Water, Air and Soil Pollution 135: 131–140.
- Brandt, K. & Karlsson, C. 1993. Båtvårdsprodukter, ett tillsynsprojekt. Kemikalieinspektionen, Solna. Rapport från kemikalieinspektionen 6/93. 33 s.
- CAEP. 2007. Copper Antifouling Environmental Programme. <http://www.copperantifouling.com> > Feature. [Viitattu 10.9.2007.]
- Eloheimo, K. 1992. Veneily ja sen ympäristövaikutukset. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja A. 107 s. ISBN 951-47-6268-1.
- Finnboat ry. 1946–1985. Venealan keskusliitto Finnboat ry, Helsinki. Venealan Keskusliitto Finnboat ry:n toimintakertomukset sekä jäsenrekisteri vuosilta 1946–1985. Säilytys Finnboat ry:n toimitiloissa.
- Finnboat ry. 2007. Venealan Keskusliitto Finnboat ry, Helsinki. [www.finnboat.fi/fi](http://www.finnboat.fi/fi) > Jäsenet. [Viitattu 4.6.2007.]
- Fraktman, L. 2001. Kahden täyttömaa-alueen pohjavesitutkimus. Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Helsinki. Helsingin ympäristökeskuksen monisteita. 18 s. [www.hel.fi/ymk](http://www.hel.fi/ymk) > Julkaisut > Monisteet > 2001. [Viitattu 8.2.2008.]
- Giacomazzi, S. & Cochet, N. 2004. Environmental impact of diuron transformation: a review. Chemosphere 56(11): 1021–1032.
- Golder Associates Oy. 2001. Vuosaaren telakka-alue: Maaperän ja pohjaveden lisätutkimus. Versio A1, 13.7.2001. Golder Associates Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 10 s + liitteet.
- Golder Associates Oy. 2007. Toimenpideraportti, Pilaantuneen maaperän kunnostus, vaihe SMRU 4/3, Vuosaaren satama, Helsinki, projekti no: 06-4353. Golder Associates Oy, Helsinki. Toimenpideraportti. 11 s + liitteet.
- Haglund, K., Pettersson, A., Peterson, M., Kylin, H., Lord, S.C. & Dollenmeier, P. 2001. Seasonal Distribution of the Antifouling Compound Irgarol® 1051 Outside a Marina in the Stockholm Archipelago. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 66(1): 50–58.
- Hakuli, P. 2000. Suomenlinnan hoitokunta, Suomenlinnan telakka-alueen ympäristötekniinen selvitys. Suomen IP-tekniikka, Helsinki. Tutkimusraportti, työ nro 17523. 6 s + liitteet.
- Harlin, Y. 2007. Voiteluaineiden tuotetekniinen neuvonta, Neste Markkinointi Oy, Espoo. Suullinen tiedonanto 27.2.2008. [Yrjö Harlinin puhelimesta antama suullinen tiedonanto koskien jäähdytinnesteiden käyttöä Suomessa.]
- Heikkilä, P., Vainiotalo, S., Engström, K., Riipinen, H., Rantala, K. & Laitinen, J. 2005. Orgaaniset liuotimet ja moottoripolttoaineet. Julk.: Vainio, H., Liesivuori, J., Lehtola, M., Louekari, K., Engström, K.,

- Kauppinen, T., Kurppa, K., Riipinen, H., Savolainen, K. & Tossavainen, A. Kemikaalit ja työ: selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Työterveyslaitos, Helsinki. S. 97–111. ISBN 951-802-636-X.
- Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. Tutkimusraportti 150. 74 s. ISBN 951-690-767-9.
- Helminen, H. 2004. Vaarallinen tinayhdiste (TBT) leviää Turun ja Naantalin edustan merialueella. Ympäristöviesti 2004 (syys): 16–19. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Alueelliset ympäristökeskukset > Lounais-Suomi > Palvelut ja tuotteet > Julkaisut > Asiakaslehti Ympäristöviesti. [Viitattu 1.3.2008.]
- Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. 2004. Liikuntavirasto/ Merellinen osasto, Helsingin kaupungin venesatamien ja veneiden talvisäilytysalueiden maaperän ja pohjaveden ympäristötutkimukset, 21.6.2004. Kiinteistövirasto, Helsinki. Tutkimusraportti, Raportti GEO 10493. 51 s +liitteet.
- Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. 2005. Liikuntavirasto/ Merellinen osasto, Helsingin kaupungin venesatamien ja veneiden talvisäilytysalueiden maaperän ja pohjaveden ympäristötutkimukset 2, 30.9.2005. Kiinteistövirasto, Helsinki. Tutkimusraportti, Raportti GEO 10862. 29 s +liitteet.
- Hietaniemi, V., Ovaskainen, M-L. & Hallikainen, A. 1999. PAH-yhdisteet ja niiden saanti markkinoilla olevista elintarvikkeista. Elintarvikevirasto, Helsinki. Tutkimuksia 6/1999. 24 s + liitteet.
- Hillo, H. 1995. Veneensuunnittelijoita ja veneveistämöitä. Julk.: Riimala, E. (toim.). Navis Fennica, Suomen merenkulun historia 1-4, osa 4: Meren alalloilla ja sisävesillä. WSOY, Porvoo. S. 220–234. ISBN 951-0-18916-2.
- Hoch, M. 2001. Organotin compounds in the environment – an overview. Applied Geochemistry 16(7–8): 719–743.
- Holger, A. 1999. Maalit ja niiden käyttö. 2.painos. Opetushallitus, Helsinki. 121 s. ISBN 952-13-0601-7.
- HSBD. 2007. Hazardous Substances Data Bank (HSBD). [www.toxnet.nlm.nih.gov](http://www.toxnet.nlm.nih.gov) > HSBD > Search HSDB. [Viitattu 6.9.2007.]
- Hämeilä, M., Heikkilä, P., Hesso, P., Pyy, L. & Kotiaho, T. Kreosoottijyn kemiallinen koostumus. Työ ja ihminen 1987(2): 124–136.
- Ihamuotila, J. 1992. Neste öljystä muoveihin. 3. painos. Neste Oy, Espoo. 244 s. ISBN 952-9553-06-4.
- IPCS. 1998. International programme on chemical safety, Environmental health criteria 202, Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. [www.inchem.org](http://www.inchem.org) > Environmental Health Criteria (EHC) Monographs > Polycyclic aromatic hydrocarbons, selected non-heterocyclic (EHC 202, 1998). [Viitattu 6.2.2008.]
- Jaakkonen, S. & Sorvari, J. 2006. Metsätaimien torjunta-aineiden ympäristövaikutukset ja riskinarviointi. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 819. 138 s. ISBN 952-11-2185-8.
- Jacobsen, J.A. 2000. Organotin compounds in the Danish marine environment: analysis & fate studies. National Environmental Research Institute, Department of Marine Ecology, Denmark. Ph.D. Thesis. 49 s + liitteet.
- Jacobson, A.H. & Willingham, G. L. 2000. Sea-nine antifoulant: an environmentally acceptable alternative to organotin antifoulants. The Science of The Total Environment 258(1–2): 103–110.
- JHL 673/1978. Jätehuoltolaki 673/1978 (kumottu). Annettu Helsingissä 8. päivänä elokuuta 1978. Kumotu vuonna 1992.
- JL 1072/1993. Jätelaki 1072/ 1993. Annettu Helsingissä 3. päivänä joulukuuta 1993.
- Juslin, M. 2007. Tekninen palvelu, Tikkurilan maalitehdas, Vantaa. Suullinen tiedonanto 22.8.2007. [Mårten Juslinin puhelimesta antama tieto telakoihin liittyvästä terminologiasta ja jaottelusta.]
- Kabata-Pendias, A. 2001. Trace elements in soils and plants. 3. painos. CRC Press, Boca Raton. 413 s. ISBN 0849315751.
- Kaila, P. 2003. Tervamaalin käytöstä. Julk.: Entonen, K., Hiekkinen, E., Lintunen, H., Ranki, T. & Teppo-Pärna, V. Suomalainen hautaterva. Rakennusperinteen Ystävät ry, Turku. Tuuman vuosi. S. 28–31.
- Kallioinen, I., Sarvimäki, I., Takala, A. & Ådahl, R. 1990. Maalialan materiaalioppi. 9. painos. Valtion painatuskeskus, Helsinki. 257 s. ISBN 951-859-814-2.
- Kaurala, O. 2002. Petrolien suku: petrolien pitkä historia ja opas nykyisten petrolien kaltaisten aineiden ominaisuuksista ja käytöstä. Fortum oil Oy, Espoo. 59 s. ISBN 951-591-080-3.
- KEMI. 2006. Kemiska ämnen i båtbottnfärger – en undersökning av koppar, zink och Irgarol 1051 runt Bullandö marina 2004. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg. En rapport från Kemikalieinspektionen nr 2/06. 19 s.

- Kivi, T. 2007. Toimitusjohtaja, FINFINET OY, Tampere. Suullinen tiedonanto 3.12.2007. [Tuomo Kiven puhelimesta antama suullinen tiedonanto koskien painepesurien markkinoille tulon ajankohtaa Suomessa.]
- KL 744/1989. Kemikaalilaki 744/ 1989. Annettu Helsingissä 14. elokuuta 1989.
- Koljonen, T. (toim.). 1992. Suomen geokemian atlas, Osa 2: moreeni. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 218 s + liitteet. ISBN 951-690-379-7.
- Konstantinou, I.K. & Albanis, T.A. 2004. Worldwide occurrence and effects of antifouling paint booster biocides in the aquatic environment: a review. *Environmental International* 30(2): 235-248.
- Koskinen, A. 2003. Tervan kemiallinen ihmemaa. Julk.: Entonen, K., Hiekkinen, E., Lintunen, H., Ranki, T. & Teppo-Pärna, V. Suomalainen hautaterva. Rakennusperinteen Ystävät ry, Turku. Tuuman vuosi. S. 35. ISSN 1795-4711.
- Kosunen, P. 2007. Venetelakkayrittäjä, Hopeasalmen Venetelakka Oy, Helsinki. Kirjallinen tiedonanto 27.2.2008. [Pekka Kosusen sähköpostitse antamat kommentit venetelakkatoiminnasta.]
- Kramer, K.J.M., Jak, R.G., van Hattum, B., Hooftman, R.N. & Zwolsman, J.J.G. 2004. Copper toxicity in relation to surface water-dissolved organic matter: biological effects to *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23(12): 2971-2980.
- Krause, P.-O. 2007. Veneenrakentaja. Suullinen tiedonanto 10.10.2007 ja 30.1.2008. [Per-Olof Krausen antamat tiedot venetelakoihin ja veneveistämöihin liittyvästä terminologiasta, toimintatavoista sekä toiminnassa käytetyistä kemikaaleista.]
- Landner, L. 1994. Kemikaalien vaarallisuus ympäristölle: käytännön opas kemikaalien arviointiin. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, Helsinki. Opas 1. 72 s. ISBN 951-47-4838-7.
- Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. 1996. Suomen geokemian talas, Osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 149 s. ISBN 951-690-678-8.
- Laihon, P., Lietzen, E. & Vuorinen, I. 1985. Fouling-torjunta murtovettä käyttävissä jäähdytysjärjestelmissä. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Helsinki. Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto, Sarja D: 89. 34 s. ISBN 951-46-9119-9.
- Leino, P., Klippi, Y. & Aromaa, J. 2007. Purjehtivat klassikot: suomalaiset puupurjeveneet saaristoristeilijöistä optimistijolliin. WSOY, Porvoo. 198 s. ISBN 978-951-0-32608-4.
- Lintinen, P. 2003. Helsingin kaupunki, Selvitys Helsingin Vuosaaren telakka-alueen maaperän arseenin alkuperästä ja arseenin aiheuttamasta terveys- ja ympäristöriskistä. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. Tutkimusraportti. 10 s + liitteet.
- Lokrantz, D. 2006. Förorenade områden, Inventering av varv och hamnar i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm. Rapport 2006: 22. 40 s. ISBN 91-7281-231-1.
- Lukkari, T., Koponen, K., Tuomi, P., Dahlbo, K., Rossi, E. & Järvinen, K. 2006. Tributyyliini (TBT) maa- ympäristössä, esiintyminen, vaikutukset ja riskit. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 16. 52 s. ISBN 952-11-2273-0 (PDF)
- Luostarinen, K. 1969. Maalaustaito. WSOY, Porvoo. 220 s.
- Lönnqvist, E. & Kiuru, V. (suom.). 2003. Elämää puuveneiden ehdoilla. Veneenveistäjä 2003(2): 6-10.
- Madsen, T., Samsøe-Petersen, L., Gustavson, K. & Rasmussen, D. 2000. Ecotoxicological Assessment of Antifouling Biocides and Nonbiocidal Antifouling Paints. Miljøstyrelsen, Denmark. Environmental Project No. 531. 111 s.
- Meriturvallisuustoiminto. 2007. Moottorit, potkurit ja purjeet, hallintalaitteet. [www.veneilynjakamiesluokka.fi](http://www.veneilynjakamiesluokka.fi) > Kokeneen erityistaidot > Moottorit. [Viitattu 26.8.2008.]
- Mickelsson-Ouru, L. 2007. Toimistopäällikkö, Venealan keskusliitto Finnboat ry, Helsinki. Kirjallinen tiedonanto 11.10.2007. [Lena Mickelsson-Ourun arkistolöytöjen ym. perusteella kokooma yhteenveto "Yhdistyksen toimintaa vuodesta 1946."]
- Mroueh, U.-M. 1993. Orgaanisten liuotteiden käyttö Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A, 156. 40 s. ISBN 951-47-8061-2.
- Myllykoski, H. 1989. Soutuvene: soutuveneiden materiaaleissa, rakentamisessa ja käytössä tapahtuneita muutoksia 1900-luvulla. Suomen kotiteollisuusmuseo, Jyväskylä. Suomen kotiteollisuusmuseon monistetta 6. 32 s + liitteet. ISSN 0782-193X.
- Mäkelä, S. (toim.). 2006a. Luettelo sallituista suojauskemikaaleista 25.10.2005. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18. 60 s. ISBN 952-11-2445-8 (PDF). [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Suomen ympäristökeskus > Julkaisut > Raportteja-sarja > Raportteja 2006 > SY-KEa18/2006 Luettelo sallituista suojauskemikaaleista 25.10.2006.[Viitattu 5.2.2008.]

- Mäkelä, S. (toim). 2006b. Luettelo sallituista suojauskemikaaleista 15.12.2006. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27. 60 s. ISBN 952-11-2524-1 (PDF). [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Suomen ympäristökeskus > Julkaisu > Raportteja-sarja > Raportteja 2006 > SY-KEa27/2006 Luettelo sallituista suojauskemikaaleista 15.12.2006. [Viitattu 5.2.2008.]
- Murto, M. & Utter, T. 1998. Telakointi. Vene 1998(9): 62–70.
- Niinimäki, J. & Piispanen, A. 2003. Vuosaaren sataman ja väylän ruoppausmassojen laadun lisätutkimukset 5.3.–17.9.2003. Loppuraportti. Kala- ja Vesitutkimus Oy ja SCC Viatek Oy Vesihydro, Helsinki. Tutkimusraportti. 9 s. + liitteet.
- Nikunen, E. & Leinonen, R. 2002. Ympäristölle vaaralliset kemikaalit: riskinarviointi ja luokitus. Chemas, Helsinki. 142 s. ISBN 952-9597-52-5.
- Nordfeldt, S. 2007. Båtbottenfärger i Sörmländska natur- och småbåtshamnar, Organiska tennföreningar, koppar, zink, zinkpyrit och Irgarol i ytsediment. Länsstyrelsen i Södermanlands län, Nyköping. Rapport Nr 2007: 11. 20 s + liitteet.
- O'Neill, P. 1998. Environmental chemistry. 3. painos. Blackie A & P, London. 278 s. ISBN 0-7514-0483-7.
- Okamura, H., Watanabe, T., Aoyama, I. & Hasobe, M. 2002. Toxicity evaluation of new antifouling compounds using suspension-cultured fish cells. Chemosphere 46(7): 945–951.
- Paavo Ristola Oy. 2003. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto, Lohiapajanlahti ja merenkulkuoppilaitoksen laiturialue. Ympäristötekkinen tutkimus. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy, Helsinki. Tutkimusraportti, työ nro: 17376. 5 s + liitteet.
- Pasanen, J. 2008. Ylitarkastaja, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suullinen tiedonanto 28.2.2008. [Jaa-na Pasanen puhelimesta antama tieto koskien antifouling-maalien tehoaineita.]
- Patrikainen, T. 2006. Tervassa esiintyvät PAH-yhdisteet ja niiden analytiikka. Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, Helsinki. Pro gradu-tutkielma, Elintarvikealan koulutusohjelman tutkimuksia EKT-sarja 1368. 68 s.
- Peltonen, J., Toivanen, M. & Helminen, H. 2006. Vaaralliset tinayhdisteet Saaristomerellä. Vesitalous 2006(4): 13–16.
- Penttinen, R. & Kauppila, J. 2001. Venetelakoiden ja talvisäilytysalueiden maaperän kunnostustarve, esiselvitys. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen moniste 213. 107 s. ISBN 952-11-0842-8.
- Pidä Saaristo Siistinä ry. 2002.. Matkalla viihtyisäksi satamaksi. Pidä Saaristo Siistinä ry, Turku. Esite. 15 s. [www.pidasaaristosiistina.fi](http://www.pidasaaristosiistina.fi) > Ympäristötietoa > oppaat. [Viitattu 1.3.2008].
- Pidä Saaristo Siistinä ry. 2004. Kohti puhtaampaa veneily-ympäristöä – opas veneilijälle. Pidä Saaristo Siistinä Ry, Turku. Esite. 15 s. [www.pidasaaristosiistina.fi](http://www.pidasaaristosiistina.fi) > Ympäristötietoa > oppaat. [Viitattu 1.3.2008].
- Piilo, T. 2000. Helsingin satama/ Kiinteistövirasto: Vuosaaren telakka-alue, Maaperän haitta-ainetutkimus. Suomen IP-tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti, työ nro: 17685. 29.11.2000. 7 s + liitteet.
- Pitkänen, K. 2007. PCB:tä vanhoissa maaleissa. Työ Terveys Turvallisuus 2007(2): 42–44.
- Pohjanpalo, J. 1965. Suomi ja merenkulku. Otava, Helsinki. Mitä-Missä-Milloin – sarja. 448 s.
- Purje ja moottori. 1956. Valmiiden veneiden vienti ulkomaille. Eräitä tietoja tilanteesta veneveistämöissä. Purje ja moottori 1956(4): 74-75.
- Pöyry Environment Oy. 2006. Espoon kaupunki, Ympäristökeskus, Espoon pienvenesatamien sedimenttitutkimus. Svinö, Sepellahti, Nuottaniemi, Marinsatama. 27.11.2006. Pöyry Environment Oy, Vantaa. Tutkimusraportti. 5 s + liitteet.
- Ramboll Finland Oy. 2004a. Porin kaupunki, tekninen palvelukeskus: Maaperän pilaantuneisuuden perusselvitys, Reposaaressa konepaja-alue, Reposaari, Pori. 16.11.2004. Ramboll Finland Oy, Pori. Tutkimusraportti, Työ numero 82108486. 13 s + liitteet.
- Ramboll Finland Oy. 2004b. Paraisten kaupunki: Maaperän laatu- ja kunnostustutkimus, Sutinrannan pienveneiden säilytys- ja kunnostusalue, Parainen, 13.8.2004. Ramboll Finland Oy, Turku. Tutkimusraportti, Työ numero 82108052. 6 s + liitteet.
- Ramboll Finland Oy. 2006. Porvoon kaupunki: Länsi ranta, Asemakaavoitusalue 2, Maaperän pilaantuneisuustutkimus, 18.4.2006. Ramboll Finland Oy, Helsinki. Tutkimusraportti, Työ nro 82111186. 7 s + liitteet.

- Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäysperusteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 23. 164 s. ISBN 978-952-11-2731-1.
- Rosenberg, C., Henriks-Eckerman, M.-L. & Piipari, R. 2005a. Isosyanaatit. Julk.: Vainio, H., Liesivuori, J., Lehtola, M., Louekari, K., Engström, K., Kauppinen, T., Kurppa, K., Riipinen, H., Savolainen, K. & Tossavainen, A. Kemikaalit ja työ: selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Työterveyslaitos, Helsinki. S. 156-160. ISBN 951-802-636-X.
- Rosenberg, C., Hesso, A., Priha, E. & Rantio, T. 2005b. Polyklooratut bifenyyliä. Julk.: Vainio, H., Liesivuori, J., Lehtola, M., Louekari, K., Engström, K., Kauppinen, T., Kurppa, K., Riipinen, H., Savolainen, K. & Tossavainen, A. Kemikaalit ja työ: selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä. Työterveyslaitos, Helsinki. S. 274-277. ISBN 951-802-636-X.
- Rovamo, P. & Lintunen, M. 1995. Suomalainen puuvene. 3. painos. WSOY, Porvoo. 190 s. ISBN 951-0-20058-1.
- Saari, K. 2007. Telakkayrittäjä, Helsinki. Suullinen tiedonanto 24.6.2007. [Telakkayrittäjä Keijo Saari antamat suulliset tiedot koskien venetelakoilla käytettyjä kemikaaleja ja toimintatapoja.]
- Salla, A. 1999. Maaperän haitta-aineiden taustapitoisuudet Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Helsinki. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 15/1999. 25 s + liitteet. ISBN 951-718-389-5.
- Samuelsson, P.-O. 2005. Miljöanpassat båtupptag, Reningsanläggning för alla hamnstorlekar. Miljösamverkan Västra Götaland, Västra Götaland. Projektrapport April 2006. 29 s + liitteet.
- SCC Viatak Oy. 2001a. Porvoonjoen sedimentin ja Aleksanterinkaaren näytteenotto ja analyysitulokset. 20.3.2001. Porvoon kaupungin katu- ja liikenneosasto, Porvoo. SCC Viatak Oy, Espoo. Tutkimusraportti, työ nro G6018.00. 2 s + liitteet.
- SCC Viatak Oy. 2001b. Porvoon matkustaja- ja vierasvenesataman ruoppaus, Porvoonjoen sedimentin pintaosan tutkimus. Porvoon kaupungin katu- ja liikenneosasto, Porvoo. SCC Viatak Oy, Espoo. Tutkimusraportti. 1 s + liitteet.
- SCC Viatak Oy. 2003. Porvoonjoen pienvenesataman ruoppaus, Porvoonjoen sedimentin pilaantuneisuustutkimus. 17.11.2003. Porvoon kaupungin katu- ja liikenneosasto, Porvoo. SCC Viatak Oy, Espoo. Tutkimusraportti, työ nro 82105048. 6 s + liitteet.
- SCC Viatak Oy. 2004. Wileniuksen telakka, Porvoo, Maaperän pilaantuneisuustutkimus. 9.1.2004. Porvoon kaupungin katu- ja liikenneosasto, Porvoo. SCC Viatak Oy, Espoo. Tutkimusraportti, työ nro 82105130. 8 s + liitteet.
- Setälä, A. & Ylä-Mononen, L. (toim.) 1991. Luettelo sallituista suojauskemikaaleista. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 337. 81 s. ISBN 951-47-4700-3.
- SFT. 2005. Kartlegging av skipsverft, Steder hvor det kan oppstått forurensningsproblemer knyttet til bygging, vedlikehold og reparasjon av skip og offshoreinstallasjoner. Statens forurensningstilsyn (SFT), Oslo. 47 s + liitteet. ISBN 82-7655-233-1. [www.sft.no](http://www.sft.no) > Havner og skipsverft > Publikasjoner. [Viitattu 8.2.2008].
- SFT. 2006. Forurensning i bunnsedimenter i sjøområder med skipsverft. Statens forurensningstilsyn (SFT), Oslo. 35 s. ISBN 82-577-4849-8. [www.sft.no](http://www.sft.no) > Havner og skipsverft > Publikasjoner. [Viitattu 8.2.2008].
- Shimasaki, Y., Kitano, T., Oshima, Y., Inoue, S., Imada, N. & Honjo, T. 2003. Tributyltin causes masculinization in fish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22(1): 141-144.
- Sipilä, P. 1994. Sotakorvausluket ja uudistuvat telakat. Julk.: Riimala, E. (toim.). Navis Fennica, Suomen merenkulun historia 1-4, osa 3: Telakat, satamat ja valtion alukset. WSOY, Porvoo. S. 62-66. ISBN 951-0-18916-2.
- Sorvari, J. Assmuth, T. 1998. Saastuneiden alueiden arviointi – mitä, miksi, miten. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöopas 50. 150 s. ISBN 952-11-0408-2.
- Stenvall, M. 2007. Helsingin satama, Vuosaaren satama Melumäki, vuositarkkailuraportti 2007. Ramboll Finland Oy, Helsinki. Vuositarkkailuraportti. 4 s + liitteet.
- STMa 461/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Annettu Helsingissä 19. päivänä toukokuuta 2000.
- STMa 509/2005. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta 509/2005. Annettu Helsingissä 15. päivänä kesäkuuta 2005.
- Strand, J. 2003. Coupling marine monitoring and risk assessment by integrating exposure, bioaccumulating and effect studies, A case study using contamination of organotin compounds in the Danish marine environment. Roskilde University, Department of Life Sciences and Chemistry, Denmark. Ph.D.thesis. 94 s.



- Strand, J., Jacobsen, J.A., Pedersen, B. & Granmo, Å. 2003. Butyltin compounds in sediment and molluscs from the shipping strait between Denmark and Sweden. *Environmental Pollution* 2003(124): 7–15.
- Suntio, H. 1980. Vehkalahden veneenrakennus. Julk.: Suntio, H. (toim.). Vehkalahden pitäjänkirja 2. Vehkalahden kunta, Vehkalahti. S. 125–139. ISBN 951-99242-8-0.
- Suolahti, O. 1961. Laho ja sen torjunta. WSOY, Porvoo. 124 s.
- Suomen kaupunkiliitto & Suomen kunnallisliitto. 1992. Konepajateollisuuden jätehuolto. Suomen kaupunkiliitto, Helsinki. Suomen kaupunkiliiton julkaisu nro 655. 59 s. ISBN 951-759-780-0. Suomen kunnallisliiton ympäristöjulkaisu nro 26. ISBN 951-777-038-3.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. 1998. Vaasan kaupunki, Ympäristökeskus, Mansikkasaaren alue, Vaasa. Ympäristötekniinen selvitys. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 6 s + liitteet.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. 2004a. VAPO OY, Vehkosaaren entinen telakka-alue, Hollola. Maaperän ja pohjaveden pilaantuneisuustutkimus. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 9 s + liitteet.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. 2004b. Vaasan kaupunki, Mansikkasaari, Pilaantuneen maaperän kunnostuksen toimenpideraportti. 23.11.2004. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 11 s + liitteet.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. 2004c. Helsingin satama, Vuosaaren sataman pilaantuneiden maiden täydentävät pohjatutkimukset 2003 ja 2004. 21.5.2004. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 12 s + liitteet.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. 2006a. VAPO OY, Vehkosaaren entinen telakka-alue, Hollola. Pilaantuneen maaperän kunnostus. Loppuraportti. 25.1.2006. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 7 s + liitteet.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. 2006b. Suomenlinnan hoitokunta, Telakka-alue sekä Iso-Mustasaaren varikkokenttä. Suomenlinna, Helsinki. Pilaantuneen maaperän kunnostussuunnitelma. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 13 s + liitteet.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. 2007. Porvoon kaupunki, Tekninen ja ympäristötoimi, Gammelbacka, Porvoo, Venesataman maaperä- ja sedimenttitutkimukset. 03.04.2007. Suomen IP-Tekniikka Oy, Helsinki. Tutkimusraportti, työnumero H22652. 9 s + liitteet.
- Suomen ympäristökeskus. 1995a. Tietoa kemikaaleista – kemikaalitiedote, lokakuu 1995: Elohopea (hg) ja elohopeayhdisteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 4 s.
- Suomen ympäristökeskus. 1997. Tietoa kemikaaleista – kemikaalitiedote, joulukuu 1997: Polyklooratut bifenyylit, PCB-yhdisteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 6 s.
- Suomen ympäristökeskus. 2001. Tietoa kemikaaleista – kemikaalitiedote, toukokuu 2001: POP – pysyvät orgaaniset yhdisteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 8 s.
- Suomen ympäristökeskus. 2006. Suomi-POP, Taustaselvitys pysyvien orgaanisten yhdisteiden kansainvälisten rajoitusten täytäntöönpanosta. 17.5.2006. Versio 1.2. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 98 s. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Ympäristön tila > Ympäristön kemikalisoituminen > Huolenaineet > POP - pysyvät orgaaniset yhdisteet > Kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma > Suomi-POP taustaraportti. [Viitattu 13.8.2007.]
- Suomen ympäristökeskus. Päivitetty 19.10.2007. Antifouling-valmisteiden ympäristövaikutukset. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Ympäristön tila > Ympäristön kemikalisoituminen > Teollisuus- ja kuluttajakemikaalit > Biosidit > Antifouling- eli kiinnittymisenesto- ja vesiympäristö > Antifouling-valmisteiden ympäristövaikutukset. [Viitattu 28.2.2007.]
- Suomen ympäristökeskus. 2008. Luettelo sallituista antifouling-valmisteista 9.1.2008. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Lupa-asiat > Kemikaaliluvat > Antifouling-valmisteet > Luettelo sallituista antifouling-valmisteista. [Viitattu 28.2.2007.]
- SVT XVIII A. 1909–1985. Teollisuustilastoa 25–106. Tilastokeskus, Helsinki. Teollisuustilastojulkaisu vuosilta 1909–1985. Säilytys tilastokeskuksessa.
- SVT XVIII B 1913–1934. Käsityötilastoa 1–3. Tilastokeskus, Helsinki. Käsityötilastojulkaisu vuosilta 1913, 1923 ja 1934. Säilytys tilastokeskuksessa.
- SVT XXXV. 1953–1964. Liiketransporttilaskenta 1–2. Nide 1: Teollisuus ja käsityö. Tilastokeskus, Helsinki. Myös arkistokappaleet toimialalta 3 811 puulaiva- ja veneveistämöt. Säilytys tilastokeskuksessa.
- Tarvainen, T., Hatakka, T., Kumpulainen, S., Tanskanen, H., Ojalainen, J. & Kahelin, H. 2003. Alkuaikainien taustapitoisuudet eri maalajeissa Porvoon ympäristössä. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. Arki-raportti S/41/3021/2003/1, raporttiedosto nro: 4789. 56 s + liite.

- Thomas, K.V., Fileman, T.W., Readman, J.W. & Waldock, M.J. 2001. Antifouling Paint Booster Biocides in the UK Coastal Environment and Potential Risks of Biological Effects. *Marine Pollution Bulletin* 42(8): 677–688.
- Thomas, K.V., McHugh, M. & Waldock, M. 2002. Antifouling paint booster biocides in UK coastal waters: inputs, occurrence and environmental fate. *The Science of The Total Environment* 293(1-3): 117–127.
- Thomas, K. McHugh, M., Hilton, M. & Waldock, M. 2003. Increased persistence of antifouling paint biocides when associated with paint particles. *Environmental Pollution* 123: 153–161
- Tieliikelaitos. 2001. Porvoonjoen sedimenttien pilaantuneisuusselvitys: matkustaja- ja vierasvenesatama. 2.7.2001. Tieliikelaitos, Helsinki. Tutkimusraportti. 3 s + liitteet.
- Tilastokeskus. 2007. Tilastokeskuksen StatFin-tilastoverkkopalvelu. <http://www.stat.fi> > Tuotteet ja palvelut > Tilastotietokannat > StatFin-tilastopalvelu. [Viitattu 14.1.2008.]
- Tonteri, H., Mroueh, U.-M., Nykänen, H., Liimatainen, M. & Mäkelä, E. 1993. Konepajateollisuuden ympäristöhaittojen vähentäminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo. VTT tiedotteita 1484. 102 s. ISBN 951–38–4378–5.
- Tuhkanen, T., Kuusisto, S., Lindroos, O., Palukka, T., Hellman, S., Priha, E. & Rantio, T. 2007. PCB-yhdisteet rakennuksissa ja niiden saneeramisen aiheuttamien työhygienisten riskien vähentäminen. Tampereen teknillinen yliopisto, Bio- ja ympäristötekniikan laitos, Tampere. Raportti 22. 70 s + liitteet.
- Valkonen, M. 2005. Vuosaaren telakka-altaan kuntotutkimus ja käyttömahdollisuudet Vuosaaren sataman yhteydessä. Teknillisen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto, Espoo. Diplomityö. 92 s.
- Vatanen, S. 2005. Sedimenttien haitta-ainekartoitus Helsingin vesialueella vuonna 2005. Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Helsinki. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 8/2005. 31 s. [www.hel.fi/ymk](http://www.hel.fi/ymk) > Julkaisut > Julkaisut > 2005. [Viitattu 6.2.2008.]
- Viatek Oy 1999a. Veneiden talvisäilytysalueen maaperän ympäristötekniinen perusselvitys. Pajalahti, Sindbad ry. Viatek Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 13 s + liitteet.
- Viatek Oy 1999b. Veneiden talvisäilytysalueen maaperän ympäristötekniinen perusselvitys. Rajasaari. Viatek Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 13 s + liitteet.
- Viatek Oy 1999c. Alustava veneiden talvisäilytysalueen maaperän ympäristötekniinen perusselvitys. Pornaistenniemi. Viatek Oy, Helsinki. Tutkimusraportti. 8 s + liitteet.
- Vihavainen, T. 1978. Puurakenteiden lahontorjunta. 2. painos. Lahontorjuntayhdistys ry ja Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki. 62 s. ISBN 951–676–077–5.
- VNa 1022/2006. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. Annettu Helsingissä 23. päivänä marraskuuta 2006.
- VNa 214/2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. Annettu 1. päivänä maaliskuuta 2007.
- VNP 143/2000. Valtioneuvoston päätös pentakloorifenolin sekä eräiden difenyyylimetaanien markkinoille luovuttamisen ja käytön kieltämisestä. Annettu Helsingissä 10. päivänä helmikuuta 2000.
- Voulvolis, N., Scrimshaw, M.D. & Lester, J.N. 2000. Occurrence of Four Biocides Utilized in Antifouling Paints, as Alternatives to Organotin Compounds, in Waters and Sediments of a Commercial Estuary in the UK. *Marine Pollution Bulletin* 40(11): 938–946.
- Voulvolis, N., Scrimshaw, M.D. & Lester, J.N. 2002. Comparative environmental assessment of biocides used in antifouling paints. *Chemosphere* 47(7): 789–795.
- VUOSA. 2004. TBT, Tributyyliini, Tributyyliinin poistaminen Vuosaaren sataman pohjasta. Vuosaaren satama, Helsinki. Vuosaaren satamahankkeen julkaisuja, TBT-esite. 32 s. [www.vuosaarensatama.fi](http://www.vuosaarensatama.fi) > Tiedotteet ja julkaisut > Julkaisut > Esitteet > TBT-esite 20. [Viitattu 10.7.2008.]
- WHOI. 1952. Marine fouling and its prevention, prepared for Bureau of Ships, Navy Department by Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts. United States Naval Institute, Annapolis. 388 s.
- Yebra, D.M., Kiil, S. & Johansen-Dam, K. 2004. Review: Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in Organic Coatings* 50(2): 75–104.
- Ylä-Mononen, L. 1989. Orgaanisten tinayhdisteiden käyttö ja ympäristövaikutukset. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, Helsinki. Selvitys 66. 104 s. ISBN 951–47–2110–1.
- Ympäristöministeriö. 1990. Venesatamien luokitus. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, Helsinki. Ohje 2. 23 s. ISBN 951–47–2129–2.

Ympäristöministeriö. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, Helsinki. Muistio 5/1994. 218 s. ISBN 951-47-4823-9.

Ympäristöministeriö. 2004. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöopas 117. 121 s. 952-11-1849-0.

Ympäristöministeriö. 2006. Orgaaniset tinayhdisteet Suomen vesialueilla. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöministeriön työryhmän mietintö 17.2.2006. 69 s.

Ympäristöministeriö. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. 118 s + liitteet.

YR. 1970–1978. Yritysrekisteri. Arkistokappaleet. Tilastokeskus, Helsinki. Yritysrekisterin toimipaikka-luettelo toimialoittain ja kunnittain järjesteltynä. Vuodet: 1970, 1972, 1974 ja 1978. Säilytys tilastokeskuksessa.

LIITE I. Terminologiaa

LIITE I (1/6)

**Adsorptio**

Kiinnittyminen esimerkiksi maa-ainekseen.

**Akuutti toksisuus**

Lyhyen ajan kuluessa koe-eliölle aiheutuneet huomattavat haittavaikutukset. Koe-aika on yleensä enintään 4 vrk.

**Aromaatti**

Aromaattiset hiilivedyt eli areenit ovat yhdisteitä, joissa on ainakin yksi bentseenirengas. Monet aromaattit on luokiteltu karsinogeenisiksi. Aromaatteja ovat esimerkiksi bentseeni, tolueeni, ksyleeni ja naftaleeni.

**Asfaltti**

Yleisnimitys bitumin ja kiviaineksen seokselle.

**Bitumi**

Raakaöljyn jalostuksessa saatava musta, lähes kiinteä tuote. Myös luonnon asfaltista uuttamalla erotettua, liuotteisiin liukenevaa osaa kutsutaan bitumiksi.

**EC<sub>50</sub>**

Pitoisuus, jossa puolella koe-eläimistä ilmenee kokeen aikana jokin erikseen määriteltävä myrkyvaikutus (effective concentration 50 %). Vaikutuksella tarkoitetaan esimerkiksi kasvun hidastumista tai lisääntymiskyvyn alentumista.

**BCF**

Biologinen kertymistekijä (*Bio-Concentration Factor*) eli kemikaalin pitoisuus testieläimissä suhteessa pitoisuuteen testiympäristössä.

**Biomagnifikaatio**

Rikastuminen ravintoketjussa.

**BOD**

Biologinen hapen kulutus (*biological oxygen demand*) eli hapen kulutus kokeessa, jossa mikro-organismit hajottavat ainetta.

**BTEX-yhdisteet**

Bentseeni, tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleenit.

**CAS-numero**

Kansainvälinen kemiallisten aineiden ja eräiden seosten rekisterinumero (*Chemical Abstract Service registry number*).

**COD**

Kemiallinen hapen kulutus (*engl. chemical oxygen demand*).

**Desorptio**

Vapautuminen esimerkiksi maa-aineksesta.

**DOC**

Liunneen orgaanisen aineksen määrä (*dissolved organic carbon*).

**Fungisidi**

Lahottaja-, home- ja sinistäjäsiementen kasvua estävä tai sieniä tappava aine.

**Harts**

Harts (*engl. rosin*) katso kohta Pihka. Harts on monien, kemiallisesti monimutkaisten yhdisteiden kiinteä tai jähmeä sekoitus, jolla ei ole yksiselitteistä sulamispistettä. Muoviteollisuus nimittää hartsiksi puolivalmistetta tai polymeeria, jota ei ole muokattu. Esimerkiksi polyesteriharts tarkoittaa polyesteripolymeerin ja styreenimonomeerin seosta, josta tulee kovettuessaan lujitemuovia.

**Höyrynpaine**

Kemikaalin kyllästymispaine tietyssä lämpötilassa, yksikkönä yleensä pascal (Pa). Kuvaa aineen taipumusta haihtua.

**IC<sub>50</sub>**

Pitoisuus, jossa puolella koe-eliöistä havaitaan jonkin seurattavan toiminnan estyminen (*inhibition concentration*), esimerkiksi levän kasvun estyminen.

**ISO**

Kansainvälinen standardisointijärjestö (International Organization for Standardization).

**Kd**

Adsorptiokerroin, joka kuvaa aineen jakautumista maan ja veden välillä; pitoisuus maassa/ pitoisuus vedessä.

**Kelaatti**

Kelaatti kuuluu kompleksiyhdisteisiin, jotka muodostuvat keskusatomista sekä siihen sitoutuneista ligandeista. Ligandit ovat polyfunktionaalisia, eli ligandi voi liittyä keskusatomiin useammalla atomillaan. Keskusatomina on usein moniarvoinen metalli-ioni. Kelaattien ominaisuudet poikkeavat huomattavasti keskusatomin ja ligandin ominaisuuksista.

**K<sub>oc</sub>**

Adsorptiokerroin; K<sub>d</sub> / orgaanisen aineen määrä maassa.

**K<sub>ow</sub>**

n-oktanoliv/vesi – jakautumiskerroin eli pitoisuus oktanolissa / pitoisuus vedessä. Kuvaa aineen taipumusta kertyä eliöihin, ilmaistaan usein logaritmimuodossa log K<sub>ow</sub>. Käytetään myös lyhennettä Pow.

**Kemikaalin käyttäytyminen ympäristössä**

Kemikaalin kulkeutuminen, hajoaminen, muuntuminen ja kertyminen ympäristössä (*engl. environmental fate*).

**Krooninen toksisuus**

Myrkkyyvaikutus, joka on joko seurauksena altistuksesta, joka kestää elion keskimääräisestä elinajasta suuren osan tai sen kokonaan tai ilmenee vasta pitkän ajan kuluttua myrkkyyaltistuksen jälkeen.

**Kuunari**

Kaksimastoinen purje-alus.

**Köli**

Purjevene tai -laivan pohjassa sijaitsevan kölin tehtävä on vähentää sivutuulussa tapahtuvaa aluksen ajautumista sivusuunnassa. Kölillä tarkoitetaan myös aluksen ulkopohjassa olevaa emäpuuta eli talkaa, joka tavallisesti ulottuu keulasta perään ja johon rungon kaaret kiinnittyvät.

**Lyijymönjä**

Lyijymönjä koostuu lyijyn eri oksideista (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ja PbO) ja sitä on käytetty korroosionestopigmenttinä.

**Lakkabensiini**

Katso kohta mineraalitärpätti.

**LC<sub>50</sub>**

Pitoisuus, jossa puolet koe-eliöistä kuolee koeaikana (*lethal concentration*).

**LC<sub>Lo</sub>**

Pienin pitoisuus, jonka on todettu lisänneen elion kuolleisuutta.

**LD<sub>50</sub>**

Kerta-annos, joka tappaa puolet koe-eliöistä koeaikana. Ilmoitetaan yleensä annos / elion paino (*lethal dose*).

**LD<sub>50</sub>**

Pienin annos, jonka on todettu lisänneen tutkittavan eliön kuolleisuutta.

**Lipofiilisyyys**

Rasvahakuisuus.

**LOEC**

Pienin pitoisuus, jossa koe-eliöissä havaitaan muutos tutkitussa suureessa (*lowest observed effect concentration*). Käytetään myös lyhennettä LEC.

**Luontainen biologinen hajoaminen**

Hajottavalla mikrobipopulaatiolla on geeniaineksessaan informaatio tarvittavaan hajotukseen, mutta tarvitsee sopeutumisaikaa hajotuksen aloittamiseen. Aine hajoaa 20 %:sesti OECD:n "Inherent biodegradability" -testissä.

**Maalituote**

Maalituotteen tehtävä on suojata maalattavaa pintaa, helpottaa pinnan puhtaanaapitoa sekä kaunistaa pintoja. Maalituotteet koostuvat sideaineesta, pigmenteistä, liuotinosasta ja lisäaineista. Sideaineet ovat joko polymeerisiä tai pienimolekkyllisiä polymeroitumiskykyisiä orgaanisia yhdisteitä. Sideaineen tehtävä on muodostaa maalikalvo sekä sitoa pigmentit. Yleisimmät sideaineryhmiä ovat: akryyli-, alkydi-, epoksi-, polyvinyyli-, vinyyli-, polyesteri-, polyuretaani-, uretaani-, fenoli-, hiilivety- tai silikonihartsit, bitumi, kloorikautsu ja erilaiset öljyt kuten pellava- tai mäntyöljyt. Pigmentit ovat hienojakoisia, kiinteitä ja sideaineeseen liukenemattomia jauheita ja ne jaetaan väri-, korroosionesto- ja apupigmentteihin. Väripigmentit antavat maalituotteelle halutun värin ja peittokyvyn sekä suojaavat maalikalvon sideainetta UV-säteilyltä. Mikäli maalituotteessa ei ole väripigmenttejä, kutsutaan sitä lakaksi. Väripigmentteinä on käytetty epäorgaanisia (esim. lyijy, kromi) ja orgaanisia yhdisteitä. Korroosionestopigmentit hidastavat tai estävät maalikalvon alustana olevan teräksen korroosiota. Korroosionestopigmentteinä on käytetty mm. lyijyä ja sinkkiä. Apupigmentit eli täyteaineet tekevät maalikalvosta tiiviin ja kovan. Maalituotteessa olevat apuaineet (0,1–1 %) parantavat maalikalvon kuivumisnopeutta, tasoittuvuutta, kiiltoa, valon- ja homeenkestoa sekä estävät mm. fouling-ilmiötä. Maalituotteen liuotinosaa on joko orgaaninen tai epäorgaaninen haihtuva yhdiste ja sen tehtävä on antaa maalille sellainen viskositeetti, jotta se voidaan levittää maalattavalle pinnalle.

**MAEC**

Kemiallisen yhdisteen suurin pitoisuus ympäristössä, jonka ei ole todettu aiheuttavan haitallisia vaikutuksia muissa kuin kohteena olevissa eliöissä (*maximum environmental concentration*).

**Mineraalitärpähti**

Mineraalitärpähti, White spirit, lakkabensiini ja raskasbensiini ovat nimityksiä liuottimelle, joka sisältää pääosin alifaattisia (avoketjuinen hiilivety) hiilivetyjä. Siinä on usein myös noin 20 % aromaattisia yhdisteitä, joten se luokitellaan terveydelle haitalliseksi.

**Myrkky**

Aine, joka vähäisinäkin annoksina elimistöön jouduttuaan, vaikuttaa kemiallisesti joko välittömästi tai välillisesti aiheuttaen elimistön toiminnan häiriöitä.

**Nafta**

Nimitys, jonka merkitys vaihtelee eri kielissä ja kulttuureissa. Öljyjalostuksen jae, joka sisältää tyypillisesti 6–7 hiiliatomin hiilivetyjä. Tarkoittaa useimmiten bensiiniä tai teollisuusbensiiniä. Nafteenit ovat pääasiassa syklopentaanin ja sykloheksaanin johdannaisia.

**NOEC**

Pitoisuus, jossa koe-elioissa ei ole havaittu muutosta tutkitussa suuressa (*no-observed effect concentration*).

**Nopea biologinen hajoaminen**

Aine hajoaa nopeasti testioloissa. Mikrobeilla on välitön kyky hajottaa ainetta. Aine hajoaa OECD:n 28 vrk:n testissä ("*ready biodegradability*") vähintään 70 %:sesti 10 vrk:n kuluessa siitä, kun 10 % aineesta on hajonnut.

**Olefiini**

Olefiinit eli alkeenit ovat tyydyttymättömiä hiilivetyjä, joissa on ainakin yksi hiili-hiili-kaksoissidos.

**PAH-yhdisteet**

Polyaromaattiset hiilivedyt tai polysykliset aromaattiset hiilivedyt.

**Parafiini**

Parafiinit eli alkaanit ovat tyydyttyneitä hiilivetyjä, joissa hiilten välillä on vain yksinkertaisia sidoksia.

**Parafiini-öljy**

Nimitys, joka tarkoittaa useimmiten valopetrolia eli aromaateista puhdistettua petrolia.

**Pasulaatikko**

Pasulaatikossa taivutetaan puuveneiden reunalaudat, se on puinen laatikko, johon johdetaan kuumaa vesihöyryä.

**PBT**

Pysyvä, kertyvä ja myrkyllinen (persistent, bioaccumulate and toxic).

**PCB-yhdisteet**

Polyklooratut bifenyylit.

**Pellavaöljy**

Pellavaöljyä (*engl. linseed oil*) saadaan pellavansiemenistä, jotka sisältävät öljyä noin 35 %. Pellavaöljy oli ensimmäinen tärkeä maaliollisuuden raaka-aine.

**Pihka**

Pihka (*engl. resin, gum*) eli palsami ei muodosta kemiallisesti yksiselitteistä käsitettä vaan sillä tarkoitetaan havu- ja lehtipuilla tavattavia uuteaineryhmiä, joita syntyy selluloosa-, hemiselluloosa- ja lingniinisynteesin sivutuotteina. Pihka koostuu liuotinjakeesta, joka on lähinnä terpeenihilivedyistä koostuvaa tärpättiöljyä eli tärpättiä (*engl. turpentine*), ja liuennesta jakeesta eli hartsista. Näiden lisäksi pihkassa on alifaattisia yhdisteitä kuten rasva-alkoholeja (arakinoli, behenoli, lignoseroli), rasvahappoja (linolihappo, öljyhappo, linoleenihappo) ja vahoja. Tislaamalla havupuun pihkasta erotetaan terpeenihilivedyt, jolloin jäljelle amorfinen hartsi (*engl. crude resin*), joka on kiinteää huoneenlämpötilassa. Hartsi koostuu 90 % :sesti happamista yhdisteistä eli hartsihapoista (*engl. resin acid*). Hartsihapot ovat pääosin abietiinihappoa (C<sub>20</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>). Havu- ja lehtipuiden pihka eroaa toisistaan lähinnä terpeenien johdosten suhteen. Havupuut sisältävät mono-, seskvi- ja diterpeenejä, lehtipuut pääasiassa triterpeenejä, steroleja ja polyprenoleja.

**Piki**

Tervojen, hartsien ja rasvojen tislauksen tislaujäännös. Se on tummanruskeaa tai mustaa, hyvin jäykkää nestettä tai haurasta, kiinteää ainetta. Esimerkiksi kivihiilipiki tai mäntyöljypiki.

**Pilssi**

Aluksen pohjalla, lattiatason alla oleva tila, johon vuotovesi ja mahdollisten öljyvuotojen yhteydessä vapautuva öljy kertyvät. Tyhjennetään pilssipumpulla.

**Pintamaali**

Pintamaali sisältää paljon pigmenttejä ja se antaa maalipinnalle värin. Pintamaali peittää ja suojaa alla olevia kerroksia ympäristön vaikutuksilta, kuten fouling-ilmioilta.

**PNEC**

Ympäristössä haitattomaksi arvioitu pitoisuus (*predicted no-effect concentration*)

**POPs**

Pysyvät orgaaniset ympäristömyrkyt (*persistent organic pollutants*).

**Primer**

Primer eli pohjamaali levitetään puhdistetulle pinnalle ensimmäisenä. Primerin tehtävä on kiinnittää maaliyhdistelmä (esimerkiksi primer, välimaali ja pintamaali) maalattavaan alustaan sekä hidastaa tai estää korroosiota.

**Proomu**

Proomu on raskaan tavaran kuljetukseen tarkoitettu laiva. Proomut ovat tasapohjaisia ja usein ne liikkuvat joko hinaajan työntämänä tai vetämänä.

**Puoliintumisaika,  $t_{1/2}$** 

Aika, jonka kuluessa aine on hajonnut puoleen alkuperäisestä määrästä tai pitoisuudesta.

**Pyrolyysi eli kuivatislaus**

Haihtuvan osan erottaminen orgaanisesta aineesta kuumentamalla hapettomassa tai lähes hapettomassa tilassa.

**Raakaöljy**

Hiilivetyseos, jota porataan maasta tai merenpohjasta ja josta valmistetaan kaikki merkittävät öljytuotteet, Raakaöljyn laatu vaihtelee huomattavasti eri esiintymissä.

**Redox-potentiaali**

Redox- eli hapetus-pelkistysreaktiossa tapahtuu hapettumista (elektronien luovuttaminen) ja pelkistymistä (elektronien vastaanottaminen). Redox-reaktioiden pyrkimystä tapahtua kutsutaan elektromotoriseksi voimaksi (EMV) eli potentiaali-muutokseksi. Jos redox-reaktion  $E > 0$ , tapahtuu reaktio spontaanisti.

**Sellakka**

Sellakka (*engl. shellac*) on luonnosta saatava hapan hartsi.

**Subakuutti testi**

Melko lyhytaikainen testi. Koeaika yleensä esimerkiksi kalalla 28 vrk.

**Subkrooninen testi**

Melko pitkäaikainen testi. Koeaika yleensä noin 10 % koe-eläimen elinajasta.

**Subletaali**

Ei kuolemaan johtava, mutta lähes tappava.

**Toimipaikka**

Toimipaikka on yhden yrityksen omistama, yhdessä paikassa sijaitseva ja yhdellä toimialalla toimiva eli pääasiassa yhdenlaisia tavaroita tai palveluja tuottava yksikkö. Varsinainen toimipaikka harjoittaa yrityksen normaalia tuotantotoimintaa. Toimipaikkoja ovat esim. tehdas, myymälä, toimisto ja verstaas.

**Terva**

Puusta, turpeesta tai kivihiilestä hapettomassa tilassa kuumentamalla saatava tumma, öljymäinen neste. Esimerkiksi puuterva ja kivihiiliterva.



**Tervamonttu**

Tervamonttu tai pikimonttu on paikka (tulisija), jossa on kuumennettu tervaa.

**Tinneri**

Liutin, jonka pääaineena on tolueeni. Tolueenin lisäksi tinnerissä on yleensä vähintään 15 % butyyliasetaattia sekä butanolia ja/ tai asetonia.

**Troolari**

Troolari on kalastusalus, joka on suunniteltu nuottakalastukseen.

**Tärpätti**

Pihkasta valmistettu kellertävä ja väritön neste, jota käytetään muun muassa lakkojen ja öljymaalien valmistukseen sekä liuottimena. Tärpätti sisältää enimmäkseen erilaisia terpentinejä eli syklisiä tyydyttyneitä hiilivetyjä. Aidon tärpätin sijasta käytetään nykyisin usein mineraalitärpättiä.

**Vaha**

Kiinteä tai puolikiinteä aine, jota saadaan muun muassa raakaöljyn jakotislauksen raskaista tisleistä ja pohjatuotteista. Käytetään puhdistettuna muun muassa kynttilöihin ja kiillotteisiin. Vaha koostuu rasvahappojen estereistä ja alkoholeista.

**Vernissa**

Vernissa on yleisnimitys nestemäisille tuotteille, jotka sisältävät öljyä, hartseja, liuottimia ja vahoja. Myös pellavaöljystä tai muusta rasvaöljystä valmistettu kirkas lakka, puunsuoja-aine tai öljymaali. Vernissaa valmistetaan perinteisesti keittämällä pellavaöljyä, johon on lisätty metallikuivikkeita eli sikkatiiveja. Vernissan ohentamiseen on käytetty perinteisesti tärpättiöljyä (ks. kohta Pihka) sekä siihen on lisätty hartsia. Vernissa eli keitetty pellavaöljy kuivuu nopeammin kuin tavallinen pellavaöljy.

**Välimaaali**

Tasoittaa maalattavan pinnan sekä eristää pohja- ja pintamaalin toisistaan.

**VOC-yhdiste**

eli haihtuva orgaaninen yhdiste (*volatile organic compound*) on orgaaninen yhdiste, jonka kiehumispiste normaali-ilmanpaineessa 101,3 kPa mitattuna on enintään 250°C.

**vPvB**

Hyvin pysyvä ja hyvin kertyvä (very persistent and very bioaccumulate).

**Ympäristölle vaarallinen kemikaali**

Kemikaali, joka ympäristöön joutuessaan voi aiheuttaa jo vähäisinä määrinä ilmeistä haittaa elolliselle luonnolle.

**Yritys**

Yrityksellä tarkoitetaan yhden tai usean henkilön yhdessä harjoittamaa taloudellista toimintaa, joka tähtää kannattavaan tulokseen.

## LIITE 2. Venetelakoiden ja -veistämöiden toimialaluokka

Toimialaluokittelun avulla voidaan ryhmitellä erilaisia toimintoja; samankaltaista toimintaa harjoittavat yritykset ja niiden toimipaikat kuuluvat samaan toimialaluokkaan. Toimialaluokitus on muuttunut historian aikana moneen kertaan ja niinpä venetelakatkin ovat kuuluneet erinimisiin ja eri koodilla oleviin toimialoihin ajan kuluessa. Veneitä valmistavat ja korjaavat yritykset ovat kuuluneet samaan toimialaan aina nykypäivään saakka. Vuonna 2009 astuneen voimaan uusi toimialaluokitus (TOL 2008), jossa veneitä valmistavat ja veneitä korjaavat yritykset tullaan erottamaan eri toimialaluokkiin. Aina vuoteen 1954 saakka veneveistämöt ja -telakat kuuluivat teollisuusluokituksessa teollisuusryhmään "puuteollisuus" ja sen alla olevaan teollisuuslajiin "puuvalmisteollisuus" (koodi: XI b tai X b) teollisuusluokan ollessa "puulaiva- ja veneveistämöt." Samaan aikaan laivateollisuus eli rautalaivaveistämöt kuuluivat teollisuusryhmään "konepajat" ja sen alla olevaan teollisuuslajiin "valimot ja konepajat". Vuosina 1954–1971 veneveistämöt ja -telakat kuuluivat toimialaryhmään "kulkuneuvoteollisuus" (koodi: 38) ja siinä toimialaan "puulaiva- ja veneveistämöt" (koodi: 3 811). Samaa kulkuneuvoteollisuuden toimialaryhmään kuuluivat myös laivateollisuuden yritykset, toimialan ollessa "teräslaivaveistämöt ja – telakat." Vuonna 1971 toimialaluokkien nimiä ja koodeja muutettiin ja venealan yritykset kuuluivat toimialaan "veneiden valmistus ja korjaus" (koodi: 38 412) ja sen alla toimialoihin "puuveneiden valmistus ja korjaus" (koodi: 384 121) sekä "muiden veneiden valmistus ja korjaus" (koodi: 384 122). 1980-luvun alussa toimiala "puuveneiden valmistus ja korjaus" poistettiin kokonaan. 1980-luvun lopulla tehdyssä toimialaluokituksen uudistuksessa (TOL 88) koodisto muuttui ja "vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus" sai koodin 272. Koodistoa muutettiin seuraavan kerran vuonna 1995 (TOL 1995), jolloin "vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus" sai koodin 3 512. (Teollisuustilastot 1909–1995). Vuonna 2002 astui voimaan uusi toimialaluokitus (TOL 2002), jolloin pääluokkataso "teollisuus" sai koodin D ja siinä "kulkuneuvojen valmistus" koodin DM. Venetelakat kuuluvat TOL 2002 – luokituksessa toimiala-ryhmään "laivojen ja veneiden valmistus ja korjaus" (koodi: 351) ja sen alla toimialaan "vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus" (koodi: 3 512).

### TOL 1988

27	KULKUNEUVOJEN VALMISTUS
272	Vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus
2720	Vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus

Huvialusten ym. urheilu- ja virkistyskäyttöön tarkoitettujen alusten valmistus, myös soutuveneiden ja kanoottien valmistus. Virkistyskäyttöön tarkoitetut alukset voivat olla sisä- tai ulkolaitamoottorilla varustettavia tai niitä voidaan liikuttaa tuulen, airojen tai melojen avulla. Huvipursien, risteilijöiden, urheilukalastusalusten ym. virkistyskäyttöön tarkoitettujen veneiden valmistus, vaikka ne olisivat suhteellisen isokokoisia. Yleensä tähän luokkaan kuuluvat alukset ovat pienempiä kuin laivat. Ruuhien, soutuveneiden, airoilla varustettujen pelastusveneiden, kutterien, kajakkien, kanoottien, kilpaveneiden, polkuveneiden ym. valmistus. Veneiden korjaus. Tähän ei kuulu: sellaisten rungoille rakennettujen veneiden, jotka muistuttavat huvialuksia, mutta jotka ovat erityisesti varustettu kaupalliseen tai palvelukäyttöön (esim. luotsiveneet, satamavartioveneet, kalastusalukset jne.).

**TOL 1995**

35	MUU KULKUNEUVOJEN VALMISTUS
351	Laivojen ja veneiden valmistus ja korjaus
3512	Vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus
35120	Vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus

Huvialusten ym. urheilu- ja virkistyskäyttöön tarkoitettujen alusten valmistus, myös soutuveneiden ja kanoottien valmistus. Virkistyskäyttöön tarkoitetut alukset voivat olla sisä- tai ulkolaitamoottorilla varustettavia tai niitä voidaan liikuttaa tuulen, airojen tai melojen avulla. Huvipursien, risteilijöiden, urheilukalastusalusten ym. virkistyskäyttöön tarkoitettujen veneiden valmistus, vaikka ne olisivat suhteellisen isokokoisia. Yleensä tähän luokkaan kuuluvat alukset ovat pienempiä kuin laivat. Ruuhien, soutuveneiden, airoilla varustettujen pelastusveneiden, kutterien, kajakkien, kanoottien, kilpaveneiden, polkuveneiden ym. valmistus. Ilmalla täytettävien kumiveneiden tai pelastuslauttojen valmistus. Veneiden korjaus. Tähän ei kuulu: sellaisten rungolle rakennettujen veneiden, jotka muistuttavat huvialuksia, mutta jotka ovat erityisesti varustettu kaupalliseen tai palvelukäyttöön (esim. luotsiveneet, satamavartioveneet, kalastusalukset jne.), valmistus kuuluu luokkaan 35 110. Veneiden moottorien valmistus kuuluu luokkaan 29 110. Purje- ja lainelautojen valmistus kuuluu luokkaan 36 400.

**TOL 2002**

35	MUU KULKUNEUVOJEN VALMISTUS
351	Laivojen ja veneiden valmistus ja korjaus
3512	Vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus
35120	Vapaa-ajan veneiden valmistus ja korjaus

Huvialusten ym. urheilu- ja virkistyskäyttöön tarkoitettujen alusten valmistus, myös soutuveneiden ja kanoottien valmistus. Virkistyskäyttöön tarkoitetut alukset voivat olla sisä- tai ulkolaitamoottorilla varustettavia tai niitä voidaan liikuttaa tuulen, airojen tai melojen avulla. Huvipursien, risteilijöiden, urheilukalastusalusten ym. virkistyskäyttöön tarkoitettujen veneiden valmistus, vaikka ne olisivat suhteellisen isokokoisia. Yleensä tähän luokkaan kuuluvat alukset ovat pienempiä kuin laivat. Ruuhien, soutuveneiden, airoilla varustettujen pelastusveneiden, kutterien, kajakkien, kanoottien, kilpaveneiden, polkuveneiden ym. valmistus. Ilmalla täytettävien kumiveneiden tai pelastuslauttojen valmistus. Veneiden huolto-, korjaus- ja muutostyöt.

### LIITE 3. Sedimenttiaineksen haitta-ainepitoisuuksien normalisointi

Sedimentistä mitatut haitta-ainepitoisuudet voidaan normalisoida eli korjata vertailua varten standardisedimentiksi, jossa on savea 25 % ja orgaanista ainesta 10 %. Suomen rannikolla sedimenttien orgaanisen aineksen määrät vaihtelevat välillä 2–20 %. Korjaaminen tehdään käyttämällä muunnoskaavoja, jotka on määritelty erikseen orgaanisille ja epäorgaanisille haitta-aineille. (Ympäristöministeriö 2004).

Orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet korjataan standardisedimentin pitoisuuksiksi käyttäen seuraavaa kaavaa (Ympäristöministeriö 2004):

$$C_{\text{korj.}} = C \times \frac{10}{\text{orgaaninen aines}}, \text{ jossa}$$

**C<sub>korj</sub>** = pitoisuus (k.a.) standardisedimentissä

**C** = mitattu (k.a.) pitoisuus

**Orgaaninen aines** = mitattu orgaanisen aineksen osuus prosentteina kuivapainosta. Kaavassa orgaanisen aineksen osuudet voivat olla välillä 2–30 %. Orgaanisten haitta-aineiden kaavaan sijoitetaan orgaanisen aineksen osuudeksi 2, kun osuus on alle 2 % paitsi PAH-yhdisteille, joille kaavaan sijoitetaan 10 %. Kaavaan sijoitetaan 30, kun orgaanisen aineksen osuus on suurempi kuin 30 %.

**k.a.** = kuiva-ainetta

Metallien pitoisuudet korjataan standardisedimentin pitoisuuksiksi käyttäen seuraavaa kaavaa (Ympäristöministeriö 2004):

$$C_{\text{korj.}} = C \times \frac{a + b \times 25 + c \times 10}{(a + b \times \text{savi} + c \times \text{orgaaninen aines})}, \text{ jossa}$$

**Savi** = mitattu saven (<2 µm) osuus prosentteina kuivapainosta

**a** = vakio eri metalleille: As: 15, Cd: 0,4, Cr: 50, Cu:15, Hg: 0,2, Ni:10, Pb: 50, Zn: 50

**b** = vakio eri metalleille: As: 0,4, Cd: 0,007, Cr: 2, Cu: 0,6, Hg: 0,0034, Ni: 1, Pb:1, Zn: 3

**c** = vakio eri metalleille: As: 0,4, Cd: 0,021, Cr: 0, Cu: 0,6, Hg: 0,0017, Ni: 0, Pb: 1, Zn: 1,5

## LIITE 4. Kemikaalien vaarallisuuden arviointiperusteista

Kemikaalin haitallisuus ympäristössä riippuu kemikaalin vaikutustavan ja sen voimakkuuden, kuten kemikaalin myrkyllisyyden lisäksi ympäristön altistumisesta kemikaalille. Ympäristön altistuminen riippuu kemikaalin päästöstä – sen käyttömäärästä ja käyttötavasta – sekä kemikaalin ominaisuuksista, kuten kemikaalin pysyvyydestä (hajoavuus), kulkeutumisesta ja kertyvyydestä sekä sen biologisesta saatavuudesta. (Nikunen ja Leinonen 2002).

### Myrkyllisyys

Kemikaalin ympäristövaikutuksia arvioitaessa keskeinen tekijä on sen myrkyllisyys eri eliöryhmille sekä muut haitalliset vaikutukset, kuten: muutokset eliöiden käyttäytymisessä, lisääntymishäiriöt, perimämuutokset ja muutokset ravintoketjuissa. Kemikaalien myrkyllisyyttä mittaamaan on kehitetty erilaisia testimenetelmiä, jotka ovat joko kemikaalin akuuttia eli välitöntä (koeaika yleensä alle 4 vrk) toksisuutta, subakuuttia eli viivästynyttä (koeaika esimerkiksi 28 vrk) toksisuutta, tai kroonista eli pitkäaikaista toksisuutta mittaavia menetelmiä. Toksisuustestejä on kehitetty sekä maa- että vesiympäristössä eläville eliöille. Vesiympäristössä on testieliöinä useimmiten käytetty leviää, vesikirppuja tai kalalajeja ja testimenetelminä muun muassa: levän kasvun estymistesti  $IC_{50}$  (72h), vesikirpun akuutti immobilisaatio  $EC_{50}$  (24/48h) ja lisääntymistesti  $EC_{50}/NOEC$  (14/21d) sekä kalan akuutti myrkyllisyystesti  $LC_{50}$  (96h). Maaympäristössä on testieliöinä käytetty muun muassa bakteereja ja lieroja. (Nikunen ja Leinonen 2002). Testitulosten tulkintaa helpottamaan on käytetty esimerkiksi taulukoissa 1–2 esitettyjä ryhmittelyjä.

Taulukko 1. Vesiympäristö: myrkyllisyys vesieliöille (Nikunen ja Leinonen 2002).

Akuutti myrkyllisyys		Pitkäaikainen myrkyllisyys	
LC/EC/IC <sub>50</sub> (mg/l)	Ryhmittely	NOEC (mg/l)	Ryhmittely
alle 1	erittäin myrkyllistä	alle 0,01	erittäin myrkyllistä
1–10	myrkyllistä	0,01–0,1	myrkyllistä
10–100	haitallista	0,1–1,0	lievästi myrkyllistä
yli 100	hyvin lievästi myrkyllistä	yli 1,0	hyvin lievästi myrkyllistä

Taulukko 2. Maaympäristö: akuutti myrkyllisyys lieroille (Nikunen ja Leinonen 2002).

LC <sub>50</sub> (mg/kg kuivaa maata)	Ryhmittely
alle 1	erittäin myrkyllistä
1 – 10	myrkyllistä
10 – 100	kohtalaisen myrkyllistä
100 – 1000	lievästi myrkyllistä
yli 1000	hyvin lievästi myrkyllistä

Ihminen voi altistua kemikaalille hengitysteitse, ruoansulatuskanavan tai ihon kautta. Imeytymisen jälkeen kemikaalin jakaantuminen elimistöön riippuu sen fyysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista. Kemikaali voi poistua elimistöstä muuntumattomana tai muuttuneena tai se voi kertyä esimerkiksi kudoksiin, jolloin sen poistuminen hidastuu. Kemikaalien myrkyllisyyttä nisäkkäille on tutkittu muun muassa rotilla ja kaneilla. (Suomen ympäristökeskus 1997). Kemikaalien myrkyllisyyttä nisäkkäille on luonnehdittu taulukoissa 3 ja 4.

Taulukko 3. Akuutti myrkyllisyys nisäkkäille (Nikunen ja Leinonen 2002).

oraali LD <sub>50</sub> (mg/kg ruumiinp.)	derm. LD <sub>50</sub> (mg/kg ruumiinp.)	inh. LD <sub>50</sub> (mg/l ilmaa, 4 h)	Ryhmittely
alle 25	alle 50	alle 0,5	erittäin myrkyllistä
25 – 200	50 – 400	0,5 – 2	myrkyllistä
200 – 2 000	400 – 2 000	2 – 20	haitallista
yli 2 000	yli 2 000	yli 20	hyvin lievästi myrkyllistä

Taulukko 4. Krooninen myrkyllisyys nisäkkäille (Suomen ympäristökeskus 1997).

oraali LD <sub>50</sub> (mg/kg ruumiinp.)	derm. LD <sub>50</sub> (mg/kg ruumiinp.)	inh. LD <sub>50</sub> (mg/l ilmaa, 6 h)	Ryhmittely
alle 5	alle 10	alle 0,025	myrkyllistä
alle 50	alle 100	Alle 0,25	haitallista

### Pysyvyys

Arvioitaessa kemikaalin vaarallisuutta on sen pysyvyys ympäristössä tärkeä tekijä; hyvin nopeasti hajoavat aineet eivät ehdi vaikuttaa laajoilla alueilla. Kemikaalin hajoavuuteen ympäristössä vaikuttavat useat tekijät, kuten kemikaalin ominaisuudet, hajottava mikrobipopulaatio sekä ympäristön fysikaaliset ja kemialliset olosuhteet. Kemikaali voi hajota ympäristössä biologisesti, kemiallisesti tai fysikaalisesti. Kemikaalin biologinen hajoaminen ei ole mahdollista mikäli kemikaali on myrkyllinen hajottajille. Hajotustoiminta on vilkkainta maan pintakerroksessa ja suuri orgaanisen aineksen pitoisuus yleensä lisää biologista hajotusta. Syvemmälle maaperään kulkeutuessaan kemikaalin hajoaminen hidastuu merkittävästi. Kemikaalin hajoamisnopeuteen vaikuttaa myös sen pitoisuus ja pitoisuuden vaihtelevuus ympäristössä: pienet tai vaihtelevat pitoisuudet hajoavat hitaammin. Suomen olosuhteissa kemikaalien hajoamista hidastaa alhainen lämpötila, ympäristön happamuus, orgaanisen kerroksen ohuus, niukka ravinnesisältö ja niukka mikrobilajisto. (Nikunen ja Leinonen 2002).

Aineen hajoamisnopeutta maaperässä voidaan arvioida puoliintumisaajan ( $t_{1/2}$ ) avulla. Puoliintumisaika on aika, jonka kuluessa aineen määrä tai pitoisuus on pudonnut puoleen alkuperäisestä. (Nikunen ja Leinonen 2002). Taulukossa 5 on esitetty puoliintumisaajan mukainen ryhmittely.

Taulukko 5. Puoliintumisaika,  $t_{1/2}$  (Nikunen ja Leinonen 2002).

Puoliintumisaika ( $t_{1/2}$ )	Ryhmittely
alle 1 vko	nopeasti hajoava
1 vko – 1 kk	kohtalaisen nopeasti hajoava
1 – 3 kk	kohtalaisen hitaasti hajoava
3 – 8 kk	hitaasti hajoava
yli 8 kk	erittäin hitaasti hajoava

### Kulkeutuminen

Ympäristöön päästessään kemikaali voi joutua maaperään, veteen tai ilmaan ja sen jakautuminen eri osa-alueissa riippuu kemikaalin fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, kuten: kemikaalin vesiliukoisuudesta (S), pidättymisestä maaperän orgaaniseen ainekseen tai sedimenttiin ( $K_{oc}$ ), rasvahakuisuudesta ( $K_{ow}$ ) ja haihtuvuudesta ilmasta (H) tai vedestä ( $P_{VP}$ ). (Nikunen ja Leinonen 2002).

Vesi toimii maaperässä kuljettavana väliaineena ja siksi aineet, jotka liukenevat runsaasti veteen voivat levitä ympäristössä laajalle alueelle tai kulkeutua veteen liuenneina pohjaveteen. Vesiliukoisuus (S) kuvaa aineen liukoisuutta veteen (taulukko 6). Hyvin veteen liukenevat aineet kiinnittyvät yleensä huonosti maa-ainekseen tai sedimenttiin, kertyvät melko vähän eliöihin ja ovat keskimäärin helpommin biologisesti hajoavia. Myös veteen liukenemattomat tai niukkaliukoiset aineet voivat kulkeutua ympäristössä, mikäli ne kiinnittyvät heikosti maa-ainekseen tai ne eivät muodosta kiinteitä saostumia. Suurikokoiset molekyylit ovat yleensä heikosti vesiliukoisia ja ne adsorboituvat helposti maa-ainekseen. (Nikunen ja Leinonen 2002).

Taulukko 6. Vesiliukoisuus (Nikunen ja Leinonen 2002).

S (mg/l)	Ryhmittely
yli 1000	hyvin liukeneva
10 – 1000	liukeneva
0,1 – 10	niukkaliukoinen
alle 0,1	hyvin niukkaliukoinen

Kaasumaisen aineen jakautuminen kahden faasin (ilman ja veden) välillä riippuu ympäristöolosuhteiden, kuten veden koostumuksen lisäksi kaasumaisen aineen ominaisuuksista, kuten höyrynpaineesta. Höyrynpaineen avulla voidaan kuvata nestemäisen aineen pyrkimystä siirtyä kaasufaasiin: mitä korkeampi höyrynpaine aineella on, sitä helpommin se haihtuu (taulukko 7). (Kankaanranta 1998).

Taulukko 7. Aineen haihtuvuus (Nikunen ja Leinonen 2002).

Höyrynpaine (Pa) 20–25°C	Ryhmittely
yli 100	erittäin haihtuva
1 – 100	haihtuva
0,01 – 1	kohtalaisen haihtuva
0,0001 – 0,01	heikosti haihtuva
alle 0,0001	hyvin heikosti haihtuva

Kaasumaisen aineen jakautumista tasapainotilanteessa veden ja ilman välillä kuvataan Henryn lain vakion (H) avulla. Henryn lain vakio kuvaa aineen höyrynpaineen ( $P_{VP}$ ) ja vesiliukoisuuden (S) suhdetta:  $H = P_{VP} \text{ (Pa)} / S \text{ (mol/m}^3\text{)}$ . Vakio siis kuvaa aineen pyrkimystä haihtua vedestä (taulukko 8). (Nikunen ja Leinonen 2002).

Taulukko 8. Henryn lain vakio (Nikunen ja Leinonen 2002).

Henryn lain vakio (H)		Ryhmittely
atm m3/mol	Pa m3/mol	
yli $10^{-3}$	yli 100	erittäin helposti haihtuva
$10^{-5} - 10^{-3}$	1 – 100	helposti haihtuva
$10^{-7} - 10^{-5}$	$10^{-2} - 1$	heikosti haihtuva
alle $10^{-7}$	alle $10^{-2}$	hyvin heikosti haihtuva

Maaperän ominaisuudet, kuten maaperän rakenne, lämpötila, kemialliset olosuhteet sekä maaperän sisältämä vesi, vaikuttavat olennaisesti aineen kulkeutuvuuteen. Haitta-aineiden kulkeutuminen on nopeinta hyvin vettä läpäisevässä maaperässä (kitkamaalajeissa kuten sorassa ja hiekassa), joissa veden virtaus on nopeaa ja reaktiot maaperän komponenttien kanssa siten vähäisiä. Hidasta kulkeutuminen on sen sijaan vettä huonosti läpäisevässä maaperässä (koheesiomaalajit kuten savi), jossa kulkeutuminen tapahtuu pääasiassa diffuusion kautta tai pinta-valuntana (joka on myös merkittävä kulkeutumismuoto). (Heikkilä 1999).

Haitta-aineen pidättäminen maaperään (reaktiot maaperän eri komponenttien kanssa) voi hidastaa tai estää aineen kulkeutumisen maaperässä. Parhaiten haitta-aineita pidättävät kiinteät ja suuren ominaispinta-alan omaavat yhdisteet ja mineraalit, kuten orgaaninen aines (etenkin humiini), savimineraalit sekä raudan, mangaanin ja alumiinin oksidit ja hydroksidit. (Heikkinen 1999). Humuksessa ja savi-maassa on yleensä suuri määrä negatiivisesti varautuneita ryhmiä, jolloin ne pidättävät hyvin positiivisesti varautuneita metalli-ioneja ja kationisia orgaanisia yhdisteitä. Pienikokoiset anionit ovat yleensä hyvin kulkeutuvia, sillä maaperässä on suhteellisen vähän positiivisesti varautuneita ryhmiä. (Nikunen ja Leinonen 2002).

Adsorptiokertoimen ( $K_d$ ) avulla voidaan arvioida orgaanisten ja sähköisesti neutraalien aineiden kiinnittymistä tiettyyn maalajiin:  $K_d = (\mu\text{g ainetta} / \text{g maata}) / (\mu\text{g ainetta} / \text{ml vettä})$ . Kemikaalin pidättymistä maaperän orgaaniseen ainekseen arvioidaan  $K_{oc}$ -arvon (myös  $K_{ow}$ ) avulla, joka kuvaa aineen jakautumista orgaanisen hiilen ja veden välillä:  $K_{oc} = (K_d \times 100) / (\% \text{ org. C})$ .  $K_{oc}$  kuvaa siis karkeasti aineen kulkeutumisenopeutta maaperässä ja mitä suurempi sen arvo on, sitä hitaammin aine kulkeutuu maaperässä (taulukko 9). (Nikunen ja Leinonen 2002).

Taulukko 9. Pidättäminen orgaaniseen ainekseen (Nikunen ja Leinonen 2002).

$K_{oc}$ -arvo	$K_d$ -arvo (esimerkki maalle joka sis. 1,5 % org. C)	Ryhmittely
alle 50	alle 0,75	erittäin kulkeutuva
50 – 150	0,75 – 2,25	helposti kulkeutuva
150 – 500	2,25 – 7,5	kohtalaisen kulkeutuva
500 – 2000	7,5 - 30	hieman kulkeutuva
2000 – 5000	30 - 75	heikosti kulkeutuva
yli 5000	yli 75	kulkeutumaton



### Kertyminen

Kemikaalin taipumusta kertyä eliöihin mitataan ns. n-oktanoli-vesi-jakaantumiskertoimen ( $K_{ow}$ ) avulla, joka kuvaa aineen jakautumista oktanolin ja veden välillä.  $K_{ow}$  kuvaa karkeasti aineen rasvaliukoisuutta ja siten kertyvyyttä eliöihin (taulukko 12). Suuri  $K_{ow}$ -arvo kertoo myös, että aine on veteen niukka-liukoinen ja kiinnittyy helposti orgaaniseen ainekseen eli pidättyy maaperään. Aineet, joiden molekyylipaino on suurempi kuin 500 g/mol, eivät useinkaan kerry eliöihin, sillä ne eivät suuren kokonsa vuoksi pysty läpäisemään solukalvoja.  $K_{ow}$ -arvoa ei voida soveltaa kaikkiin haitallisiin aineisiin sillä jotkut aineet, kuten metalli-ionit ja metyylielohopea kertyvät eliöihin pääasiassa kiinnittymällä niiden proteiineihin eikä rasvakudokseen. Luotettavammin kemikaalin kertyvyyttä eliöihin voidaan kuvata BCF-arvon eli biologisen kertyvyyskertoimen (*engl. bio-concentration factor*) avulla (taulukko 10). BCF-arvo kuvaa aineen kertyvyyttä ympäristössä eliöön ja se saadaan jakamalla kemikaalin pitoisuus eliössä kemikaalin pitoisuudella ympäristössä. (Nikunen ja Leinonen 2002).

Taulukko 10. Kemikaalin kertyvyys eliöön (Nikunen ja Leinonen 2002).

Log $K_{ow}$	BCF	Ryhmittely
yli 3	yli 100	hieman kertyvää
yli 4	yli 2000	kohtalaisen kertyvää
yli 5	yli 5000	erittäin kertyvää

## LIITE 5. Helsingin kaupungin venesatamien ja veneiden talvisäilytysalueiden vuosina 2004–2005 tehtyjen maaperätutkimusten tulokset

Taulukko 11. Metallien ja puolimetallien pitoisuudet maanäytteissä (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004; 2005).

Kohde *	Metallit ja puolimetallit, mg/kg								
	Sn	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Hg	Zn
MU	8,5	18	<0,3	27	110	44	9,9	<0,1	92
NS	3,8	15	<0,3	57	76	460	28	0,34	100
IMP	2,5	8,1	0,34	19	370	23 000	9,2	0,22	860
MK	4,2	5,7	<0,3	57	31	41	30	0,16	91
MN/ML	3,4	8,6	<0,3	74	31	36	33	<0,1	99
PK	12	13	<0,3	55	240	120	18	<0,1	150
KS	160	69	3,7	130	1 500	950	210	2,3	6 000
LL	30	11	0,26	76	69	93	33	0,4	170
PL	6,6	4,4	<0,1	33	90	160	16	0,11	250
RSP/HL	18	7,3	0,4	31	550	560	15	1	340
SS/LS	190	27	1,6	60	1 700	2 300	30	0,78	1 300
VS/VSK	69	26	0,39	31	510	580	24	1,1	340
VS	23	4,7	0,1	43	56	23	19	0,16	130
KS	1,6	3,8	0,11	28	32	15	14	<0,1	83
YK	150	9,4	0,15	38	46	24	19	<0,1	65
PS	22	7,5	0,25	36	390	1 600	11	0,32	230
IS	16	10	1,3	160	180	170	32	0,47	440
SL	19	6	0,22	34	130	240	54	0,22	140
MR	1,3	2,9	0,11	25	15	27	11	<0,1	54
P	6,8	6,2	1,5	92	120	210	48	0,15	240
Kynnysarvo		5	1	100	100	60	50	0,5	200
Alempi ohjearvo		50	10	200	150	200	100	2	250
Ylempi ohjearvo		100	20	300	200	750	150	5	400

\* Kohteista käytetään seuraavia lyhenteitä:

MU = Munkkiniemen venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

NS = Naurissalmen venesatama

IMP = Ilomäenpolun venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

MK = Marunakujan venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

MN/ML = Marjaniemen/ Maarlahden veneiden talvisäilytysalue

PK = Pikku Kallahden venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

KS = Koivusaaren itäinen ja läntinen venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

LL = Lemislahden venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

PJ = Pajalahden venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

RSP/HL = Rajasaaren penkereen ja Humalluodon venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

SS/LS = Sirpalesaaren ja Iuskaasaaren venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

VS/VSK = Valkosaaren ja Valkosaarenkarin venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

VS = Verkkosaaren venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

KS = Kulosaaren venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

YK = Yliskylän venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

PS = Pyysaaren venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

IS = Iso-Sarvaston venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

SL = Strömsinlahden venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

MR = Marjaniemenrannan venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

P = Puotilan venesatama ja veneiden talvisäilytysalue.

Taulukko 12. Orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet maanäytteissä (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004; 2005).

Kohde*	TBT/TPT** µg/kg	PCB*** mg/kg	PAH-yhdisteet mg/kg						
			ANT	B(a)A	B(a)P	B(k)F	FEN	FLU	Naf
MU	5 930	0,05	0,02	0,06	0,06	0,12	0,04	0,12	0,01
NS	-	0,4	0,07	0,24	0,22	0,48	0,40	0,59	0,06
IMP	-	0,11	0,08	0,65	0,56	1,1	0,31	1,1	0,03
MK	-	0,03	0,04	0,26	0,23	0,47	0,3	0,66	0,02
MN/ML	-	0,03	0,02	0,02	0,02	0,05	0,1	0,11	0,05
PK	14	1,2	0,13	0,85	0,78	1,4	0,79	1,7	0,05
KS	-	2,16	10,9	17,4	16,5	26,2	43,4	36,6	16,7
LL	1 697	1,1	0,01	0,06	0,06	0,23	0,05	0,10	0,01
PL	112	0,51	0,05	0,02	0,03	0,07	0,03	0,07	<0,01
SRP/HL	-	0,59	0,02	0,06	0,09	0,23	0,07	0,21	0,01
SS/LS	-	8,067	0,36	0,99	0,99	2,2	1,1	2,5	0,07
VS/VSK	-	0,92	0,12	0,51	1,29	2,21	1,02	2,04	0,13
VS	-	<0,025	0,92	2,0	2,2	3,9	2,2	5,1	0,21
KS	-	0,25	<0,01	<0,01	<0,02	<0,04	0,044	0,027	0,01
YK	-	0,03	0,66	1,28	1,35	2,4	2,31	3,45	0,08
PS	-	0,67	0,03	0,11	0,13	0,25	0,1	0,3	<0,01
IS	4	0,78	1,21	2,59	2,42	4,29	3,29	5,63	0,47
SL	-	0,526	0,19	0,50	0,47	0,48	0,31	1,25	0,15
MR	-	0,066	0,02	0,05	0,06	0,12	0,08	0,13	0,03
P	-	4,612	0,49	0,59	0,53	0,95	1,08	1,51	0,16
Kynnysarvo	100	0,1	1	1	0,2	1	1	1	1
Alempi oh- jearvo	1 000	0,5	5	5	2	2	2	2	2
Ylempi oh- jearvo	2 000	5	15	15	15	15	15	15	15

\* Kohteista käytetyt lyhennykset löytyvät edellisestä taulukosta 11.

\*\* Summapitoisuus seuraavista yhdisteistä: tributyylitina (TBT) ja trifenyylitina (TPT).

\*\*\* PCB-kongeneerien 28, 52, 77, 101, 105, 118, 126, 138, 153, 156, 169, 180 ja 195 summapitoisuus.

## LIITE 6. Helsingin kaupungin veneiden talvisäilytysalueet

### Ilomäenpolun venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

Maanäytteitä otettiin kahdesta näytepisteestä kahdelta eri syvyydeltä. Näytteenot-topisteiden kohdalla alueen täyttömaakerros oli hiekkaista soraa noin puolen metrin syvyydelle pohjamaan ollessa savea. Kahdessa pintamaasta otetusta näytteestä havaittiin korkeita raskasmetallipitoisuuksia. Toisessa näytteessä ylittyi lyijyn (23 000 mg/kg) ylempi ohjearvo ja arseenin (8,1 mg/kg) kynnysarvo. Toisessa pintamaanäytteessä mitattiin ylemmän ohjearvon ylittävä pitoisuus sinkkiä (860 mg/kg) ja kuparia (370 mg/kg), lievästi alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia arseenia (7,8 mg/kg), bentso(a)pyreeniä, bentso(k)fluoranteenia ja fluoranteenia sekä hyvin lievästi kohonnut PCB-yhdisteiden pitoisuus. Analysoitujen VOC-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määrittäysrajan. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2005).

### Iso-Sarvaston venesatama ja veneiden talvisäilytysalue

Iso-Sarvaston venesatama ja veneiden talvisäilytysalue sijaitsee Helsingin Laajasalossa. Alueen maaperä on täytemaan alla savea (2–7 metriä). Alueelta otettiin 15 näytettä maan pinnasta ja 10 näytettä pohjamaasta. Yhdestä pintamaanäytteestä analysoitiin orgaaniset tinayhdisteet. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004). Kahdessa pintamaanäytteessä mitattiin kohonneet kuparipitoisuudet (120–180 mg/kg) ja kahdessa pinta- tai pohjamaasta otetussa näytteessä oli koholla lyijyn pitoisuus (160–170 mg/kg). Lisäksi yhdessä pohjamaanäytteessä oli korkea sinkkipitoisuus (440 mg/kg). Yhdessä näytepisteessä ylittyivät useiden PAH-yhdisteiden alemmat ohjearvopitoisuudet sekä kolmessa muussa näytteessä kynnysarvopitoisuudet. Orgaanisista tinayhdisteistä analysoitiin yhdestä näytteestä ja siinä monobutyyliitin pitoisuus oli 4,1 µg/kg. Muiden yhdisteiden pitoisuudet jäivät alla määrittäysrajan (<1 µg/kg). Pohjavesinäytteestä mitattiin talousveden kemialliset laatuvaatimukset (STM 461/2000) ylittävä pitoisuus lyijyä (70 µg/l) ja PAH-yhdisteitä (0,5 µg/l). Vesinäytteen MTBE:n pitoisuus (8,2 µg/l), TAME:n (1,4 µg/l), bentseenin (8,2 µg/l) ja ksyleenien (rakenneisomeerien 1,4- ja 1,2- pitoisuudet yhteensä: 2,09 µg/l) pitoisuudet olivat myös koholla. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

### Koivusaaren itäinen ja läntinen venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue

Alueen maaperä on pääosin täytemaata, jonka alla on kitkamaata. Maanäytteitä otettiin 15 näytepisteestä, joista yhdestätoista otettiin pintamaanäytteen lisäksi pohjamaanäyte. Lisäksi alueelle asennettiin kaksi pohjavesiputkea. Useissa näytepisteissä niin pinta- kuin pohjamaassa oli ylemmän ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia raskasmetalleja (kuparia, lyijyä, nikkeliä, sinkkiä) sekä PAH-yhdisteitä (bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(k)fluoranteeni, fenantreeni, fluoranteeni, naftaleeni) sekä alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia elohopeaa ja arseenia, PCB-yhdisteitä, öljyhiilivetyjä sekä VOC-yhdisteistä bentseeniä. Koska osassa näytepisteistä pilaantuneisuus oli pohjamaassa, pintamaan ollessa puhdas, on pilaantuneisuus luultavasti peräisin jätetäytöstä. Pohjavesinäytteissä lyijyn (0,093 µg/l), arseenin (0,015 µg/l) ja nikkelin (0,022 µg/l) pitoisuudet ylittivät talousvedelle asetetut kemialliset laatuvaatimukset (STM 461/2000). PAH-yhdisteistä korkeita pitoisuuksia oli fenantreenilla (0,64 µg/l) ja fluoranteenilla (0,25 µg/l). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

**Kulosaaren venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Kulosaaren venesataman ja veneiden talvisäilytysalueen maaperä on täytemaan alla kitkamaata jonka alla on savea. Alueelta otettiin maanäytteet maan pinta- ja pohjakerroksesta yhdestä näytepisteestä. Pintamaasta otetussa näytteessä mitattiin hieman koholla olevat pitoisuudet öljyhiilivetyjä (510 mg/kg) sekä PCB-yhdisteitä. Alueelta otetusta pohjavesinäytteessä oli lyijyä 38 µg/l. Pohjavesinäytteestä mitattiin lyijyn (38 µg/l) osalta Talousveden kemialliset laatuvaatimukset ylittävä pitoisuus (STM 461/2000). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

**Lemislahden venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Tutkimusalueen maaperä on pääosin täytemaan, jonka alla on kitkamaata. Maanäytteitä otettiin yhteensä kuudesta näytepisteestä, joista yhdestä analysoitiin ainoastaan orgaaniset tinayhdisteet (tetrabutyylitina, tributyyylitina, dibutyylitina, monobutyylitina, trifenyylitina, mono-oktyylitina, dioktyylitina, trisykloheksyyli-tina). Lisäksi alueelle asennettiin pohjavesiputki. Tutkimuksissa havaittiin yhdessä pintamaanäytteessä lyijyn kynnysarvoylitys sekä muutamassa pohjamaanäytteessä lieviä arseenin kynnysarvoylityksiä. Pintamaassa ylittyi yhdessä näytepisteessä VOC-yhdisteistä bentseenin ylempi ohjearvo pitoisuudella 1,5 mg/kg. Samassa näytteessä myös PCB-yhdisteiden pitoisuudet olivat koholla: korkein pitoisuus oli kongeneerilla PCB-138 (0,118 mg/kg). Orgaanisille tinayhdisteille asetettu alempi ohjearvo ylittyi pintamaassa TBT:n ja TPT:n summapitoisuudella 1 697 µg/kg. Pintamaassa TPT:n pitoisuus oli 1000 µg/kg, kun pohjamaassa se oli enää 38,3 µg/kg. Pohjamaassa TBT:n pitoisuus oli 21,1 µg/kg. Pohjavesinäytteestä mitattiin arseenin (0,015 mg/l) osalta Talousveden kemialliset laatuvaatimukset ylittävä pitoisuus (STM 461/2000). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

**Marjaniemen/ Maarlahden veneiden talvisäilytysalue**

Maanäytteitä otettiin viidestä eri näytepisteestä, joista neljästä otettiin pintamaanäytteen lisäksi myös pohjamaanäyte. Tutkimusalueen täytemaakerroksen (hiekkainen sora) paksuus vaihtelee metristä yli 3,5 metriin ja sen alla on 3–8 metriä paksu savikerros. Lähes kaikissa näytepisteissä mitattiin lieviä kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia arseenia (pitoisuuden vaihteluväli: 1,4–8,6 mg/kg), muita kohonneita haitta-ainepitoisuuksia ei havaittu. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2005).

**Marjaniemenrannan venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Tutkimusalueen maaperä savea ja/ tai silttiä, jonka päällä on täytemaan. Maanäytteet otettiin yhdestä näytepisteestä kahdelta syvyydeltä. Maaperänäytteessä ei ollut kynnysarvoja ylittäviä pitoisuuksia haitta-aineita. Myös alueelta otettu pohjavesinäyte oli kemialliselta laadultaan hyvä. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

**Marunakujan venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue**

Marunakujan venesataman ja veneiden talvisäilytysalueen pintamaa on noin 0,4 metriä paksua täytemaan (hiekkainen sora). Pohjamaa on savea. Maanäytteet otettiin kahdesta tutkimuspisteestä pinta- ja pohjamaasta. Maaperätutkimuksissa mitattiin pintamaanäytteissä hyvin lievät kynnysarvon ylittävät pitoisuudet arseenia (5,7 mg/kg) tai PAH-yhdisteistä bentso(a)pyreeniä (0,23 mg/kg). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2005).

### **Munkkiniemen venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue**

Maanäytteitä otettiin kolmesta näytepisteestä pinta- ja pohjamaasta yhteensä kuusi näytettä, joista kahdesta analysoitiin ainoastaan TBT ja TPT. Maaperä näytepisteiden kohdalla oli täytemaata: hiekkaista soraa ja syvemmällä hienoa hiekkaa. Kynnysarvon ylittäviä raskasmetallipitoisuuksia mitattiin kahdessa eri näytepisteistä ja eri syvyyksiltä otetuissa näytteissä: kuparilla (110 mg/kg) pintamaassa ja arseenilla (18 mg/kg) pohjamaassa. Orgaanisten tinayhdisteiden summapitoisuus (TBT, TPT) ylitti pintamaassa sille asetetun ylemmän ohjearvon pitoisuudella 5 900 µg/kg. Eri-tyisen korkea oli näytteen fenyyliitinapitoisuus: 5 500 µg/kg. Pohjamaassa yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan. PAH- ja PCB-yhdisteiden pitoisuudet jäivät näytteissä alle kynnysarvopitoisuuksien ja VOC-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2005).

### **Naurissalmen venesatama**

Maanäytteitä otettiin kahdesta näytepisteestä pinta- ja pohjamaasta. Maan pinnalla oli näytepisteiden kohdalla täytemaata (hiekkaista soraa) noin puolen metrin syvyydelle saakka. Pohjamaa oli savea. Yhdessä pintamaanäytteessä mitattiin alemman ohjearvon ylittävä pitoisuus lyijyä (460 mg/kg) ja kynnysarvon ylittävä pitoisuus arseenia (15 mg/kg). Samassa näytteessä myös lievästi kohonneita pitoisuuksia PAH- ja PCB-yhdisteitä: bentso(a)pyreenin pitoisuus ylitti lievästi kynnysarvon ja PCB-yhdisteistä kongeneerien: PCB-138 (0,046 mg/kg), PCB-153 (0,036 mg/kg) ja PCB-180 (0,025 mg/kg) pitoisuudet olivat lievästi koholla. Kaikkien VOC-yhdisteiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2005).

### **Pajalahden venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Pajalahden talvisäilytysalueen maaperä on täytemaan alla alueen pohjoisosassa kitkamaata ja eteläosassa savea. Maanäytteitä otettiin neljästä näytepisteestä, joista yhdestä analysoitiin myös orgaaniset tinayhdisteet. Lisäksi otettiin vesinäyte alueelle asennetusta pohjavesiputkesta. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004). Tutkimuksissa kahdessa pintamaanäytteessä oli kynnysarvon ylittävä pitoisuus lyijyä tai sinkkiä sekä VOC-yhdisteistä bentseeniä (1,0 mg/kg). PCB-yhdisteiden pitoisuus oli koholla yhdessä pintamaanäytteessä. Orgaanisista tinayhdisteistä TBT:n ja TPT:n summapitoisuus ylitti lievästi kynnysarvopitoisuuden. Pintamaanäytteessä oli eniten monobutyylitinaa (71,1 µg/kg) ja toiseksi eniten tributyyliitinaa (63,7 µg/kg). Pohjamaassa TBT:n pitoisuus oli enää 1,8 µg/kg. Pajalahden alueelta mitattiin pohjavesinäytteestä arseenin (0,011 mg/l) osalta Talousveden kemialliset laatuvaatimukset ylittävä pitoisuus (STM 461/2000).

Pajalahden veneiden talvisäilytysalueella tehtiin ympäristötutkimuksia myös vuosina 1999 (Viatek Oy 1999a) ja 2003 (Paavo Ristola Oy 2003). Vuonna 1999 maanäytteitä otettiin yhteensä 15 tutkimuspisteestä. Pintamaanäytteet otettiin syvyydeltä 0–0,5 metriä ja lisäksi kymmenestä näytepisteestä näytteet syvyydeltä 1,8–2,5 metriä. Näytteistä analysoitiin raskasmetallit (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn, Ti, Zn), PAH-yhdisteet, VOC-yhdisteet, PCB-yhdisteet, triatsiinit ja öljyhiilivedyt. (Viatek Oy 1999a). Maaperän pintaosissa oli kohonneita raskasmetallipitoisuuksia. Kahdessa näytepisteessä ylittyi kuparin (270 mg/kg) ylempi ohjearvo sekä lyijyn (390 mg/kg) alempi ohjearvo. Lisäksi arseeni ja elohopea ylittivät kynnysarvot muutamissa näytteissä. Yhdessä pintanäytteessä havaittiin yksittäisten PAH-yhdisteiden (bentso(a)pyreeni 2,4 mg/kg ja fluoranteeni 5,1 mg/kg) lieviä alemman ohjearvon ylityksiä.

Öljyhiilivetyjen osalta kahdessa pintamaanäytteessä ylittyi lievästi joko keskitisleidien ( $C_{14}$ – $C_{20}$ ) tai raskaiden öljyjakeiden ( $C_{27}$ – $C_{40}$ ) alemmat ohjearvot. Lisäksi yhdessä syvemmältä otetussa näytteessä ylittyi raskaille öljyjakeille asetettu ylempi ohjearvo pitoisuudella 3 000 mg/kg. Valtaosassa näytteitä PCB- ja triatsiinipitoisuudet jäivät alle määritysrajan. (Viatek Oy 1999).

Veneiden talvisäilytysalueen edustalla olevan huvivenesataman alueella tehtiin sedimenttitutkimuksia vuonna 2003 (Paavo Ristola Oy 2003). Sedimentin pinnasta (0–5 cm) otettiin näytteitä 11 näytepisteestä, joista kolme sijaitsi veneiden talvisäilytysalueen läheisyydessä. Kaikista näytteistä analysoitiin raskasmetallit sekä osasta myös PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet, orgaaniset tinayhdisteet (TBT, DBT, MBT, TPT) ja öljyhiilivedyistä keskitisleet ( $C_{10}$ – $C_{19}$ ). Lähimpänä talvisäilytysaluetta otetusta näytteestä mitattiin kohonneita pitoisuuksia (suluissa korkein pitoisuus) kuparia (170 mg/kg), lyijyä (48 mg/kg), sinkkiä (250 mg/kg) ja elohopeaa (0,17 mg/kg) sekä öljyhiilivetyjä (220 mg/kg). Talvisäilytysalueen läheltä otetussa näytteessä mitattiin myös korkeita orgaanisten tinayhdisteiden pitoisuuksia: tributyylitinaa 990 µg/kg, trifenyylitinaa 260 µg/kg, dibutyylitinaa 170 µg/kg ja monobutyylitinaa 14 µg/kg. Myös venesataman alueella oli kohonneita raskasmetallien, öljyhiilivetyjen ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Orgaanisista tinayhdisteistä TBT:n pitoisuus vaihteli venesataman alueella välillä 19–160 µg/kg ja TPT:n välillä 240–2 200 µg/kg. (Paavo Ristola Oy 2003).

#### **Puotilan venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Puotilan venesatama ja veneiden talvisäilytysalue sijaitsee Helsingin Vartiokylässä. Alueen maaperä on täytemaan alla savea, jonka paksuus vaihtelee välillä 1–6 metriä. Maanäytteitä otettiin 13 näytepisteestä kahdelta eri syvyydeltä. Seitsemästä pintamaanäytteestä mitattiin lieviä kynnysarvoylityksiä raskasmetallien (lyijy, kupari, kadmium, sinkki) osalta. Kahdessa pintamaanäytteessä oli myös koholla olevia PCB-yhdisteiden pitoisuuksia, toisessa näytepisteessä PCB-yhdisteitä oli myös pohjamaassa. Kahdessa pintamaanäytteessä ylittyi myös bentseenin ylempi ohjearvo pitoisuuden vaihdelleessa niissä välillä 1,1–1,16 mg/kg. Alueelta otetussa pohjavesinäytteessä ei ollut talousveden kemialliset laatuvaatimukset ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

#### **Pyysaaren venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Tutkimusalueen maaperä on täytemaan alla kitkamaata tai savea, mutta osittain alue avokalliota. Alueelta otettiin kolme pintamaanäytettä, joista kaksi otettiin asfaltin alta. Asfaltin alta otetuista näytteistä mitattiin alemman ohjearvon ylittävä pitoisuus lyijyä ja kuparia sekä kynnysarvon lievästi ylittäviä sinkki-, arseeni- ja elohopeapitoisuuksia. Toisesta näytteistä ylittyi myös lyijyn ylempi ohjearvo pitoisuudella 1 600 mg/kg sekä bentseenin alempi ohjearvo pitoisuudella 0,54 mg/kg. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

**Rajasaaren penkereen ja Humalluodon venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Alueen maaperä on täytemaan alla osassa aluetta kitkamaata ja osassa 0–6 metriä paksua savea. Maanäytteitä otettiin neljästä näytepisteestä maan pinnasta. Alueelle asennettiin myös pohjavesiputki näytteenottoa varten. Yhdessä näytteessä ylittyi kuparin ylempi ohjearvo pitoisuudella 550 mg/kg sekä lyijyn, sinkin ja bentseenin (0,61 mg/kg) alempi ohjearvo sekä elohopean ja arseenin kynnysarvo. Kahdessa muussa näytteessä oli alemman ohjearvon ylittävä pitoisuus lyijyä sekä toisessa myös bentseeniä (0,68 mg/kg) ja hieman kohonneita pitoisuuksia kuparia, elohopeaa, arseenia ja PCB-yhdisteitä. Alueelta otettiin myös pohjavesinäyte, jonka todettiin täyttävän Talousveden kemialliset laatuvaatimukset (STM 461/2000). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

**Rajasaaren veneiden talvisäilytysalue**

Rajasaaren veneiden talvisäilytysalueella tehtiin maaperätutkimuksia vuonna 1999 (Viatek Oy 1999b). Alueelta otettiin maanäytteitä yhteensä 15 eri näytepisteestä: pintamaanäytteet otettiin kaikista tutkimuspisteistä syvyydeltä 0–0,5 metriä ja kymmenestä näytepisteestä otettiin lisäksi näytteet syvyydeltä 1,5–2,8 metriä. Tutkimusalueen maaperä oli pääasiassa kitkamaata (hiekkia) tai kitkamaatäyttöä tutkimussyvyyteen asti. Tutkimuksissa havaittiin sekä maan pintaosissa että syvemmällä kohonneita raskasmetallipitoisuuksia (suluissa korkein pitoisuus): sinkkiä (390 mg/kg) ja lyijyä (450 mg/kg), elohopeaa (1,6 mg/kg), arseenia (15 mg/kg) ja kadmiumia (1,7 mg/kg). Neljässä näytepisteessä havaittiin yksittäisten PAH-yhdisteiden (fenantreeni 2,8 mg/kg, fluoranteni: 2,7 mg/kg) kohonneita pitoisuuksia ja lisäksi kahdessa syvemmältä otetussa näytteessä ylittyi raskaille öljyjakeille annetut alemmat ohjearvot. Yhdessä näytteessä oli PCB-pitoisuus hieman koholla. Triatsiinin pitoisuus jäi kaikissa näytteissä alle määritysrajan (<0,5 mg/kg). (Viatek Oy 1999b).

**Sirpalesaaren ja Liuskasaaren venesatama sekä veneiden talvisäilytysalue**

Sirpalesaaren venesataman ja veneiden talvisäilytysalueen maaperä on kitkamaata, jonka päällä on paikoitellen täytemaata. Alueelta otettiin maanäytteitä seitsemästä näytepisteestä pintamaakerroksesta. Neljässä näytepisteessä kohonneita raskasmetallipitoisuuksia: lyijyä (2 300 mg/kg), sinkkiä (1 300 mg/kg), kuparia (1 700 mg/kg), tinaa (190 mg/kg), arseenia (27 mg/kg), kadmiumia (1,6 mg/kg), antimonina (50 mg/kg) ja elohopeaa (0,78 mg/kg). Bentseenin pitoisuus oli korkea neljässä näytteessä (1,19–2,9 mg/kg) ja PCB-yhdisteiden pitoisuudet olivat korkeita kahdessa näytteessä. Erityisen korkeita olivat kongeneerien PCB-52 (0,372 mg/kg), PCB-101 (0,553 mg/kg), PCB-118 (0,206 mg/kg), PCB-118 (0,426 mg/kg), PCB-138 (0,366 mg/kg) ja PCB-153 (0,231 mg/kg) pitoisuudet. PAH-yhdisteistä koholla olivat fluoranteenin (2,5 mg/kg), bentso(b+k)fluoranteenin (2,32 mg/kg) ja fenantreenin (1,1 mg/kg) pitoisuudet kahdessa näytteessä. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).



### **Strömsinlahden venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Strömsinlahden venesatama ja veneiden talvisäilytysalue sijaitsee Helsingin Roihuvuoressa ja tutkimusalueen maaperä on täytemaan alla kitkamaata tai savea. Maanäytteitä otettiin 12 näytepisteestä maan pinta- ja pohjaosasta. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004). Tutkimuksissa mitattiin kahdessa pintamaanäytteessä alemman ohjearvon ylittävä pitoisuus lyijyä tai antimonia (17 mg/kg), joista toisessa ylittyi lievästi myös kuparin (130 mg/kg), nikkelin (54 mg/kg) ja VOC-yhdisteistä bentseenin (0,6 mg/kg) kynnysarvo sekä PCB-yhdisteiden pitoisuudet olivat lievästi koholla. Kahdessa muussa pintamaanäytteessä sekä yhdessä pohjaamaanäytteessä oli lievästi PCB-yhdisteiden pitoisuudet koholla. Yhdessä pintamaanäytteessä mitattiin lisäksi lieviä yksittäisten PAH-yhdisteiden (fluoranteeni, bentso(a)pyreeni) kynnysarvovylityksiä. Alueelta otetussa pohjavesinäytteessä ei ollut talousveden kemialliset laatuvaatimukset ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

### **Valkosaaren ja Valkosaarenkarin venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Valkosaarenkarilla maaperä on kitkamaata, jonka päällä on paikoin täytemaata. Valkosaaren tutkimusalue on osittain avokalliota, mutta suurimmalta osaltaan maaperä on kitkamaata. Maanäytteitä kerättiin viidestä näytepisteestä maan pintaosasta. Kolmessa näytepisteessä mitattiin ylemmän ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia kuparia sekä ylemmän tai alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia lyijyä tai sinkkiä. Lisäksi näytteissä ylittyi arseenin ja elohopean kynnysarvot. PAH-yhdisteistä fluoranteenin ja bentso(b+k)fluoranteenilla pitoisuudet ylittivät alemman ohjearvopitoisuuden yhdessä näytteessä. Lisäksi kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia oli bentso(a)pyreenillä ja fenantreenilla. Myös PCB-yhdisteiden pitoisuus oli koholla näytteessä, josta mitattiin korkeita raskasmetallipitoisuuksia. (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

### **Verkkosaaren venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Kohde sijaitsee Helsingin Hermannissa. Tutkimusalueen maaperä on täytemaan alla savea, jonka paksuus vaihtelee välillä 15–35 metriä. Maanäytteitä otettiin yhteensä kymmenestä tutkimuspisteestä, joista kahdesta otettiin näytteet myös pohjamaasta. Alueelta otettiin myös pohjavesinäyte. Verkkosaaren alueelta mitattiin molemmissa pohjamaasta otetussa näytteissä kohonneita öljyhiilivetyjen pitoisuuksia (110–480 mg/kg) sekä toisessa näytteistä alemmat ohjearvot ylittäviä pitoisuuksia PAH-yhdisteitä (fenantreeni, fluoranteeni, bentso(a)pyreeni ja bentso(b+k)fluoranteeni). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

### **Yliskylän venesatama ja veneiden talvisäilytysalue**

Tutkimusalueen maaperä on savea, jonka päällä on täytemaata. Alueelta otettiin maanäytteitä neljästä näytepisteestä yhteensä kahdeksan näytettä. Yhdestä pohjamaasta otetusta näytteestä mitattiin lievästi kynnysarvon ylittävä pitoisuus arseenia sekä koholla oleva tinapitoisuus (150 mg/kg). Kahdessa pintamaanäytteessä oli koholla joko bentseenin (0,79 mg/kg) tai PAH-yhdisteiden (fenantreeni, fluoranteeni, bentso(b+k)fluoranteeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni) pitoisuudet ja yhdessä pohjamaanäytteessä oli kohonnut MTBE:n pitoisuus (0,59 mg/kg). Alueelle asennettiin myös pohjavesiputki, josta otetusta näytteestä mitattiin talousveden kemialliset laatuvaatimukset (STM 461/2000) ylittäviä pitoisuuksia arseenia (15 µg/l), lyijyä (93 µg/l) ja nikkeliä (22 µg/l). (Helsingin kaupungin kiinteistövirasto 2004).

## LIITE 7. SGS Inspection Services Oy ympäristölaboratorion omien standardien (SGSF) menetelmäkuvaukset

### SGSF147 Orgaaniset tinayhdisteet maa- ja sedimenttinäytteestä

Menetelmällä voidaan määrittää kuuden yksittäisen orgaanisen tinayhdisteen pitoisuudet maa- ja sedimenttinäytteestä. Kuivatussa maa- tai sedimenttinäytteessä olevat orgaaniset tinayhdisteet uutetaan tropolone-dikloorimetaanilla. Yhdisteet derivatisoidaan Grignardin reagenssilla. Yhdisteiden kvantitointi suoritetaan konsentroidusta uutteesta GCMS laitteistolla SIM-tekniikalla käyttäen sisäisen standardin menetelmää. Sisäisenä standardina käytetään n-propyyliä.

#### Määritettävien yhdisteiden ilmoitusrajat

Yhdiste	Ilmoitusraja mg/kg k.a.	
	maanäyte	sedimenttinäyte
monobutyyliini (MBT)	0,2	0,005
dibutyyliini (DBT)	0,2	0,005
tributyyliini (TBT)	0,1	0,001
tetrabutyyliini (teBT)	0,2	0,005
difenyyliini (DPT)	0,2	0,005
trifenyyliini (TPT)	0,2	0,005

### SGSF123 Mineraaliöljyt (C<sub>10</sub>–C<sub>40</sub>) kaasukromatografisesti

Menetelmällä voidaan määrittää heksaaniin uuttuvien mineraaliöljyjen (C<sub>10</sub>–C<sub>21</sub> ja C<sub>22</sub>–C<sub>40</sub>) pitoisuuksia maanäytteistä. Maanäyte uutetaan asetonilla ja heksaanilla. Heksaaniuute kuivataan natriumsulfaattilla ja pooliset hiilivedyt (rasvat) poistetaan uutteesta Florisililla. Uute analysoidaan kaasukromatografisesti liekki-ionisaatioilmaisimella (CD-FID).

#### Määritettävien jakeiden ilmoitusrajat sekä mittausepävarmuus

Hiilivetyjakeet	Ilmoitusraja mg/kg k.a.	Mittausepävarmuus (95 % luotett.), %
C <sub>10</sub> –C <sub>21</sub>	30	21
C <sub>22</sub> –C <sub>40</sub>	120	23

**SGSF118E PCB-yhdisteet maanäytteistä**

Menetelmällä voidaan määrittää tiettyjen polykloorattujen bifenyylilyhdisteiden (PCB) pitoisuuksia sekä PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus. PCB-yhdisteet uutetaan maanäytteestä heksaani-asetoniseoksella. PCB-yhdisteiden pitoisuudet määritetään uutteen kaasukromatografisella elektronisieppausdetektiolla (ECD) käyttäen sisäisenä standardina dekafluorobifenyylä. PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus määritetään SFS-EN 12766-2 mukaisesti.

Määritettävät yhdisteet ja niiden ilmoitusrajat

Yhdiste IUPAC nro	Ilmoitusraja mg/kg k.a.	Detektoriraja mg/kg k.a.	Mittausepävarmuus %
# 28	0,01	0,002	46
# 52	0,01	0,002	30
# 101	0,01	0,002	43
# 138	0,01	0,002	48
# 153	0,01	0,002	60
# 180	0,01	0,002	59
PCB-kokonaispitoisuus	0,05	0,03	not validated

**SGSF097 Polyaromaattiset hiilivedyt maanäytteestä**

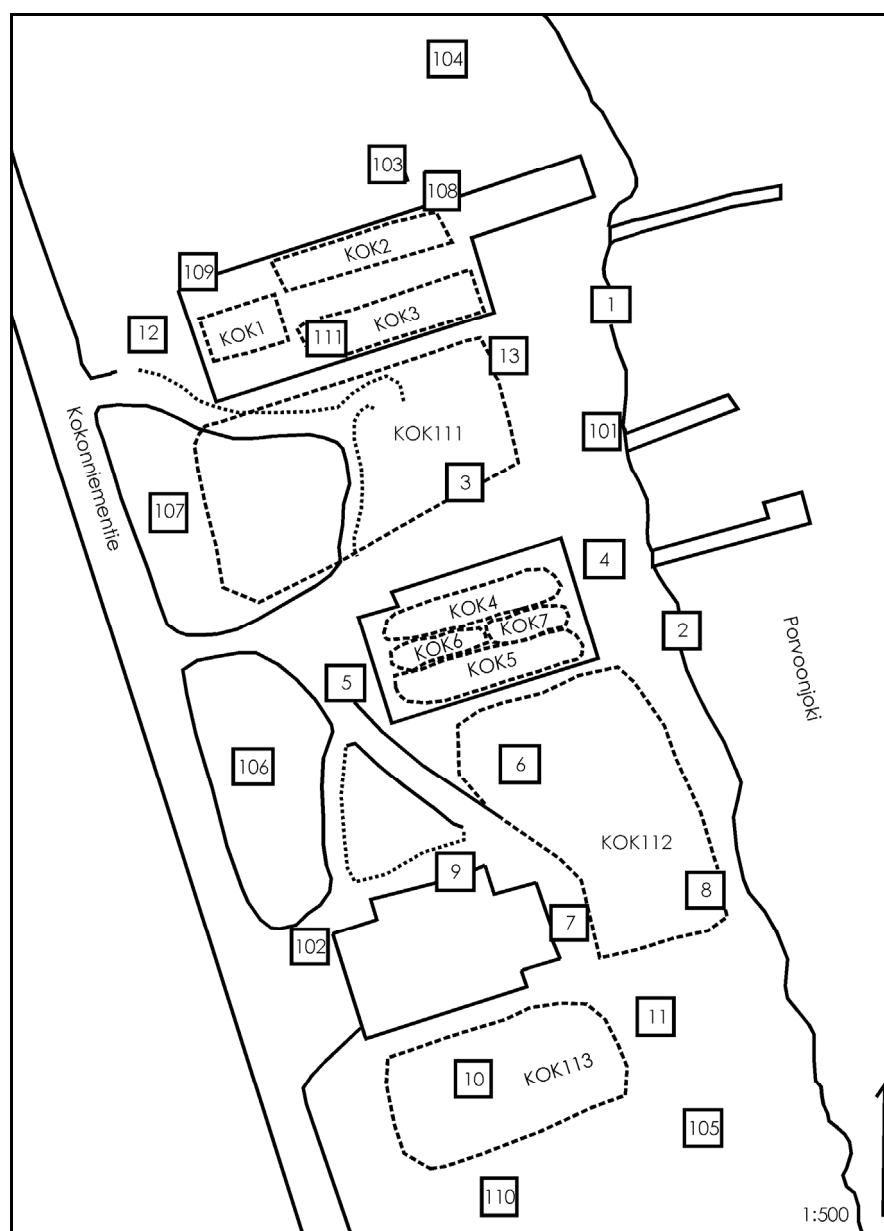
Menetelmällä voidaan määrittää 16 yksittäisen polyaromaattisen hiilivedyn (PAH) pitoisuudet maanäytteestä. Maanäytteessä olevat PAH-yhdisteet uutetaan asetonilla. Yksittäiset PAH-yhdisteet määritetään kaasukromatografisesti massaspektrometrillä detektiolla käyttäen sisäisenä standardina d10-Fenantreenia. Yhdisteiden kvantitointi suoritetaan yksittäisen ionin avulla.

Määrittämisrajat ja mittausepävarmuus

Yhdiste	Määrittämisraja mg/kg k.a.	Mittausepävarmuus % *
naftaleeni	0,2	47
asenaftaleeni	0,2	40
asenafteeni	0,2	34
fluoreeni	0,2	25
fenantreeni	0,2	22
antraseeni	0,2	40
fluoranteeni	0,2	21
pyreeni	0,2	22
bentso(a)antraseeni	0,2	34
kryseeni		31
bentso(b)fluoranteeni	0,2	28
bentso(k)fluoranteeni	0,2	40
bentso(a)pyreeni	0,2	38
indeno(1,2,3-cd)pyreeni	0,2	41
bentso(ghi)peryleeni	0,2	42
dibentso(a,h)antraseeni	0,2	34
kokonais-PAH-pitoisuus	0,2	-

\* Yksittäisten yhdisteiden mittausepävarmuudet on ilmoitettu 95 % luottamustasolla koko mittausalueella. Kokonaispitoisuuden mittausepävarmuutta ei ole erikseen määritetty.

## Liite 8. Maanäytteenottopisteiden sijainti esimerkkitelakalla



Kuva 1. Maanäytepisteet esimerkkitelakalla (Muokattu Ramboll Finland Oy ja Porvoon kaupunki mukaan).

## LIITE 9. Vuoden 2007 maaperätutkimusten tulokset esimerkkitelakalla

Taulukko 13. Maanäytteiden metalli- ja puolimetallipitoisuudet. Kynnys- tai ohjearvot ylittävät pitoisuudet merkitty vihreän eri sävyillä.

Näyte	Syvyys cm	Maalaji	Metallit ja puolimetallit, mg/kg						
			As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
I01	0–10	Hm	27	1,1	450	29	1 267	941	
I01	10–30	Sa	<8	<0,4	32	27	65	347	
I02	0–20	Sr, Mr	<8	<0,4	16	16	501	81	<0,1
I02	20–50	Sr, Mr	<8	<0,4	50	<10	456	66	
I03	0–10	Hm	15	0,4	140	26	910	310	
I03	10–60	Hm, Sa	<8	<0,4	24	25	28	76	
I03	120–130	Tv	<8	0,6	19	26	<10	81	
I04	0–10	Hm, Sa	21	<0,4	76	40	1 676	159	
I04	10–40	Sa	10	<0,4	19	27	19	113	
I05	0–20	Hk	<8	<0,4	10	11	51	42	
I05	20–50	Sa	<8	<0,4	21	22	15	135	
I06	0–10	Hm, Sa	14	<0,4	412	22	256	178	
I07	0–10	Hm	<8	0,4	83	17	112	175	
I07	20–30	Sa	<8	<0,4	15	19	12	69	
I08	0–10	Hm	15	2,0	591	47	1 017	1 957	
I09	0–10	Hm	30	1,2	439	44	1 509	1 198	
KOKI08/109	0–10	Hm							3,27
I10	0–20	Sa	<8	<0,4	22	20	50	104	
I10	20–40	Sa	<8	<0,4	24	22	82	89	
I11	40–50	Sa	<8	<0,4	44	20	39	89	<0,1
KOKI11	0–20	Hm, Sa	31	6,6	22 250	116	4 148	9 675	1,03
KOKI12	0–20	Hm, Sa	22	0,6	348	26	1 526	497	0,67
KOKI13	0–20	Hm, Sa	45	1,2	183	23	16 650	1 283	0,15
KOKI14	0–20	Hm, Sa	28	0,8	1 164	17	2 185	959	4,3
Kynnysarvo			5	1	100	50	60	200	0,5
Alempi ohjearvo			50	10	150	100	200	250	2
Ylempi ohjearvo			100	20	200	150	750	400	5

Taulukko 14. Maanäytteiden PCB-pitoisuudet. Kynnys- tai ohjearvot ylittävät pitoisuudet merkitty vihreän eri sävyillä.

Näyte	Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet, mg/kg							
	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-118	PCB-153	PCB-138	PCB-180	PCB-tot*.
KOKI08/109	0,02	0,18	0,45	0,37	0,30	0,33	0,09	1,7
KOKI11	<0,01	0,02	0,05	0,03	0,06	0,05	0,04	0,25
KOKI12	0,2	0,58	0,36	0,32	0,13	0,16	0,03	1,8
KOKI14	< 0,01	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,22
Kynnysarvo								0,1
Alempi ohjearvo								0,5
Ylempi ohjearvo								5

\* Summapitoisuus PCB-kongeneereille: 28, 52, 101, 118, 153, 138 ja 180

Taulukko 15. Maanäytteiden PAH-yhdisteiden pitoisuudet. Viimeisessä sarakkeessa on PAH-yhdisteiden summapitoisuus. Kynnys- tai ohjearvot ylittävät pitoisuudet merkitty vihreän eri sävyillä.

Näyte	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet, mg/kg																
	Acen	Ace	BaA	BbF	BghiP	FLUO	KRY	PYR	PYR	ANT	BaA	BaP	BkF	FEN	FLU	Naf	PAH
KokI08/109	16	3,9	10	54	27	21	53	143	143	25	80	50	51	190	211	8,5	991
KOK I11	2,8	0,56	3,2	15	8,3	1,9	18	31	31	7,6	21	15	15	25	44	0,65	223
KOKI12	3,3	0,76	4,2	20	10	3,9	20	38	38	7,1	28	18	18	39	54	2,4	283
KOKI14	<0,2	<0,2	0,5	1,4	1,2	<0,2	1,7	2,9	2,9	0,54	2,2	1,6	1,7	1,6	3,6	<0,2	21
Kynnysarvo										1	1	0,2	1	1	1	1	15
Alempi ohjearvo										5	5	2	5	5	5	5	30
Ylempi ohjearvo										15	15	15	15	15	15	15	100

Taulukko 16. Orgaanisten tinayhdisteiden sekä öljyhiilivetyjen pitoisuudet maanäytteissä. Kynnys- tai ohjearvot ylittävät pitoisuudet merkitty vihreän eri sävyillä.

Näyte	Syvyys cm	Orgaaniset tinayhdisteet, mg/kg								Öljyhiilivedyt mg/kg	
		TBT-TPT *	TeBT	TBT	DBT	MBT	DPT	TPT		C10-C21	C22-C40
kokI08/109	0–10	3,75	0,017	1,25	1,8	0,9	0,006	2,5		-	-
I01	0–10	0,825	<0,005	0,265	0,16	0,1	0,125	0,56		-	-
kokI12	0–20	0,227	<0,005	0,105	0,107	0,230	0,068	0,122		-	-
KokI11	40–50	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		-	-
kokI14	0–20	-	-	-	-	-	-	-		330	300
Kynnysarvo		0,1**									
Alempi ohjearvo		1**								300 ***	600 ***
Ylempi ohjearvo		2**								1 000 ***	2 000 ***

\* Tributyyliitinan ja trifenyylitinan summapitoisuus.

\*\* Määritetty tributyyliitinan (TBT) ja trifenyylitinan (TPT) summapitoisuudelle, mg/kg (VNa 214/2007).

\*\*\* Keskitisleet (C10–C21) ja raskaat öljyakeet (&gt;C21–C40).

## LIITE 10. Aiemmat maaperätutkimukset esimerkkitelakalla

Taulukko 17. Maanäytteiden metallien ja puolimetallien pitoisuudet (SCC Viatek Oy 2004).

Näyte	Syvyys cm	Metallit ja puolimetallit, mg/kg								
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn	Sn
3	0–10	19	<0,5	53	1 660	39	1 230	<20	784	<10
4	0–10	23	1,2	53	842	30	2 810	<20	822	<10
5	0–30	<10	<0,5	25	134	15	340	<20	186	<10
6	0–10	52	<0,5	51	840	27	4 150	<20	284	<10
7	0–20	<10	0,7	154	346	118	5 780	53	638	<10
8	0–15	<10	<0,5	58	30	31	49	<20	129	<10
9	0–10	<10	2,7	57	66	35	431	<20	1 770	<10
9	90–100	<10	<0,5	26	25	19	22	<20	107	
10	0–10	157	11,3	27	469	43	*	7 020	3 080	21
11	60–100	<10	<0,5	62	128	37	320	<20	357	<10
12	0–20	10	<0,5	31	265	18	1 290	23	364	<10
13	0–15	<10	<0,5	15	149	10	554	<20	415	<10
KOK1	0–20	11	0,6	58	432	25	4 850	45	607	13
KOK2	0–10	90	3,5	111	6 240	40	18 500	192	5 160	63
KOK3	0–10	34	1,5	64	3 250	31	6 560	62	1 880	88
KOK4	0–10	23	<0,5	65	1 120	32	1 750	<20	402	<10
KOK5	0–10	48	2,2	58	3 160	49	3 650	30	2 150	19
KOK7	0–10	69	1,6	88	4 490	59	7 160	24	1 940	17
Kynnysarvo		5	1	100	100	50	60	2	200	
Alempi ohjearvo		50	10	200	150	100	200	10	250	
Ylempi ohjearvo		100	20	300	200	150	750	50	400	

\* Pitoisuus niin korkea, että sitä ei voi määrittää käytetyllä analyysimenetelmällä (ICP-AES)

Taulukko 18. Maanäytteiden öljyhiilivety- ja PCB-pitoisuudet (SCC Viatek Oy 2004).

Näyte	Syvyys cm	TBT	Öljyhiilivetyjakeet, mg/kg			
			C6–C35	C6–C10	C11–C23	C24–C35
9	90–100		3200	69	2 993	99
KOK2	0–10	98				
Kynnysarvo		0,1 **				
Alempi ohjearvo		1 **			300*	600*
Ylempi ohjearvo		2 **			1 000*	2 000*

\* Keskitisleet (C10–C21) ja raskaat öljyjakeet (&gt;C21–C40).

\*\* Määritetty tributyylitinan (TBT) ja trifenyylitinan (TPT) summapitoisuudelle, mg/kg (VNa 214/2007).

Taulukko 19. Maanäytteiden PAH-yhdisteiden pitoisuudet. Viimeisessä sarakkeessa on PAH-yhdisteiden summapitoisuus (SCC Viatek Oy 2004).

Näyte	Polysykliset aromaattiset yhdisteet eli PAH-yhdisteet, mg/kg															
	Acen	Ace	BahA	BbF	BghiP	FLUO	IcdP	KRY	PYR	ANT	BaA	BaP	BkF	FEN	FLU	Naf
13	0,29	<0,1	0,12	2,7	1,2	0,21	0,90	2,6	2,8	0,19	1,4	3,4	3,3	3,4	4,0	0,15
KOK3	3,3	0,83	2,2	70	15	2,7	14	49	49	4,2	36	72	55	46	68	1,4
Kynnysarvo										1	1	0,2	1	1	1	1
Alempi ohjearvo										5	5	2	5	5	5	5
Ylempi ohjearvo										15	15	15	15	15	15	100

## LIITE II. Porvoonjoen sedimenttitutkimukset vuonna 2007

Taulukko 20. Sedimenttinäytteiden (2007) metalli- ja puolimetallipitoisuudet. Tulokset on esitetty normalisoimattomina. Vihreän eri sävyillä on merkitty Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa (Ympäristöministeriö 2004) esitettyjen kriteeritasojen 1 ja 2 ylittävät pitoisuudet.

Näyte	Syvyys cm	Maalaji	LOI %	K.a. %	Metallit ja puolimetallit, mg/kg									
					As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
W8	0–10	SaLj	4,9	98,7	<8	58	<0,4	10	35	28	17	21	32	107
	10–20	SaLj	-	-	<8	55	<0,4	<10	31	27	18	19	31	89
W7	0–10	SaLj	9,1	96,6	<8	120	0,5	17	64	50	30	36	59	160
	10–20	SaLj	7,3	77,6	<8	131	0,5	15	75	46	33	77	50	160
	20–30	SaLj	7,8	96,7	<8	123	0,8	16	125	62	39	58	57	192
W4	0–10	SaLj	7,9	97,6	<8	97	0,5	16	61	39	28	23	56	136
	10–20	SaLj	6,9	87,4	<8	94	<0,4	15	57	36	48	25	53	131
W3	0–10	SaLj	10,3	97,2	<8	123	0,7	17	62	45	29	20	54	152
	10–20	SaLj	-	-	<8	70	0,5	12	39	32	25	25	33	105
W2	0–10	SaLj	16,6	62,5	<8	101	0,6	16	64	41	35	15	60	133
W1	0–10	SaLj	12	77,9	<8	78	0,5	13	50	34	27	13	44	109
	10–20	SaLj	-	-	<8	74	<0,4	13	49	31	24	23	44	113
Taso 1					15		0,5		65	50	45	40		170
Taso 2					60		2,5		270	90	60	200		500

Taulukko 21. Orgaanisten tinayhdisteiden mitatut ja normalisoidut pitoisuudet sedimenttinäytteissä

Näyte	Syvyys cm	Orgaaniset tinayhdisteet, µg/kg kuiva-ainetta										
		mitattu pitoisuus						normalisoitu pitoisuus*				
		TeBT	TBT	DBT	MBT	TPT	DPT	TBT	DBT	MBT	TPT	DPT
W8 A	0–10	<1	21	13	39	1577	278	43	27	80	3218	567
W7 A	0–10	<1	61	19	35	183	40	67	21	38	201	44
W7 B	10–20	<1	30	38	70	31	32	41	52	96	42	44
W7 C	20–30	<1	31	20	35	11	20	40	26	45	14	26
W4 A	0–10	<1	7	4	20	1	3	9	5	25	1	4
W4 B	10–20	<1	1	<1	12	<1	3	1	<1	17	<1	4
W3 A	0–10	<1	21	9	23	19	13	20	9	22	18	13
W2 A	0–10	<1	8	9	40	5	6	5	5	24	3	4
W1 A	0–10	<1	1	2	13	<1	<1	1	2	11	<1	<1
Taso 1								3				
Taso 2								200				

\* Normalisoitu Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen (Ympäristökeskus 2004) mukaisesti. Normalisointikaava on esitetty liitteessä 3.



## LIITE 12. Aiemmat Porvoonjoen sedimenttitutkimukset

Taulukko 22. Sedimenttinäytteiden metalli- ja puolimetallipitoisuudet (SCC Viatek Oy 2003; 2004; 2001a; 2001b, Tieliikelaitos 2001).  
Telakan kohdalla olevat näytteet lihavoitu.

Vuosi	Näyte	Syvyys	Maa- laji	pH	Metallit ja puolimetallit, mg/kg										
					As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn	Sn
2003 <sup>1</sup>	KK1	0–20	Sa		<10	7,6	12	95	937	62	7490	110	33	8370	53
	KK2	0–20	Sr		68	4,0	27	75	2190	84	4070	62	57	1850	52
2003 <sup>2</sup>	1	0–25	Lj		16	<0,5	20	69	38	39	26	<20	79	183	
	1	25–50	Lj												
	2	0–30	Lj		<10	0,6	18	60	55	34	23	<20	69	199	
	3	0–25	Lj		<10	<0,5	18	64	26	37	15	<20	79	135	
	3	25–50	Lj		<10	<0,5	20	74	29	41	15	<20	89	156	
	4	0–25	Lj		17	<0,5	23	77	124	54	59	<20	76	196	
	4	25–50	Lj												
	5	0–25	Lj		<10	0,6	18	86	76	41	78	<20	71	354	
	5	25–50	Lj												
	6	0–30	Lj		<10	<0,5	12	53	30	25	34	<20	42	107	
	7	0–25	Lj		<10	<0,5	10	36	27	22	24	<20	39	101	
	7	25–50	Lj		<10	<0,5	18	72	39	44	18	<20	87	125	
	8	0–25	Lj		13	<0,5	20	75	30	42	19	<20	91	156	
	8	25–50	Lj												
2001 <sup>3</sup>	S1	20–120	LjSa		<5			62	62		76			280	
	S2	10–80	LjSa		<5			48	49		38			235	
	S3	5–85	LjSa												
	S4a	10–100	LjSa		<5			50	166		22			163	
	S4b	10–100	LjSa		<5			47	133		26			155	
	S5	10–100	Hk, Lj												
2001 <sup>4</sup>	S6	0–10	Lj	7,0	<0,5			33	56		40			196	
	S7	0–10	Lj	7,2	<0,5			37	47		35			185	
Taso 1					15	0,5		65	50	45	40			170	
Taso 2					60	2,5		270	90	60	200			500	

<sup>1</sup> Lähde: SCC Viatek Oy 2004

<sup>2</sup> Lähde: SCC Viatek Oy 2003

<sup>3</sup> Lähde: Tieliikelaitos 2001 ja SCC Viatek Oy 2001a

<sup>4</sup> Lähde SCC Viatek Oy 2001b

Taulukko 23. Sedimenttinäytteiden PAH-yhdisteiden pitoisuudet (SCC Viatek Oy 2003; 2001a; 2001b, Tieliikelaitos 2001).

Vuosi	Näyte	Syvyys	Polysykliset aromaattiset yhdisteet eli PAH-yhdisteet, mg/kg													
			PAH (16)	Naf	Ace	FEN	ANT	FLU	PYR	KRY	BaA	BbF	BkF	BaP	IcdP	BghiP
2003 <sup>2</sup>	2	0–30	2,3	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	<0,1	<0,1
	6	0–30	3,2	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	7	0–25	1,4	<0,1	<0,1	0,4	<0,1	0,4	0,3	0,2	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	7	25–50														
2001 <sup>3</sup>	S1	20–120	3,0	<0,1	<0,1	0,6	<0,1	0,8	0,6	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
	S2	10–80														
	S3	5–85	4,8	<0,1	<0,1	0,8	0,1	1,1	0,9	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
	S4a	10–100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	S4b	10–100														
	S5	10–100	14,3	0,2	0,2	3,2	0,5	2,8	2,1	1,0	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4
2001 <sup>4</sup>	S6	0–10	6,2	<0,1	<0,1	1,2	<0,1	1,4	1,1	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
	S7	0–10	9,2	<0,1	<0,1	1,8	<0,1	2,3	1,6	0,8	0,4	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3
Taso 1				0,01		0,05	0,01	0,3		1,1	0,03		0,2	0,3	0,6	0,8
Taso 2				0,1		0,5	0,1	3		11	0,4		2	3	6	8

Taulukko 24. Sedimenttinäytteiden TBT- pitoisuudet ja öljyhiilivetyjakeiden pitoisuudet.

Vuosi	Näyte	Syvyys cm	k.a. %	LOI	TBT µg/kg		Öljyhiilivetyjakeet, mg/kg			
					Norm. **		Kok.pit.	Bensiini * (C6-C10)	Diesel * (C11-C23)	Voiteluöljy * (C24-C35)
2003 <sup>1</sup>	KKI	0–20		42	548	230				
2003 <sup>2</sup>	I	0–25		32	10	31	<50			
	I	25–50								
	5	0–25		31	49	150				
	6	0–30	55,2	52	3	14				
	7	0–25				11	130	0	50	77
	7	25–50								
	8	0–25	39,2	36,4	2	7,6	<50			
	8	25–50								
2001 <sup>3</sup>	S1	20–120	47,2				510		200	310
	S2	10–80	38,1				160		<50	160
	S3	5–85	43,6				260		<50	260
	S4a	10–100	43,1				<50		<50	<50
	S4b	10–100	43,8				<50		<50	<50
	S5	10–100	72,9				70		<50	70
2001 <sup>4</sup>	S6	0–10	32				150		14	84
	S7	0–10	33,2				82		9	88
Taso 1					3		50			
Taso 2					200		1500			

\* Vuoden 2001 tutkimuksissa (SCC Viatek Oy 2001a ja Tieliikelaitos 2001): dieseljakeiden hiililuku: C12-C19 ja voiteluöljyjakeiden hiililuku: C20-C40. Vuoden 2001 tutkimuksissa (SCC Viatek Oy 2001b): dieseljakeiden hiililuku: C11-C19 ja voiteluöljyjakeiden hiililuku: C20-C35

\*\* Normalisoitu Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen (2004) mukaan.

## KUVAILULEHTI

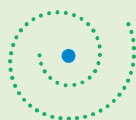
Julkaisija	Uudenmaan ympäristökeskus	Julkaisu-aika Toukokuu 2008		
Tekijä(t)	Paula Pitkäranta			
Julkaisun nimi	Venetelakkatoiminnan vaikutukset maaperään ja sedimenttiin			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 16/ 2008			
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: www.ymparisto.fi/uus/julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Venetelakat tarjoavat veneilijöille alusten korjaus-, huolto- ja telakointipalveluita sekä usein myös moottoreiden korjaus-, huolto- ja säilytyspalveluita. Veneveistämöt ovat sen sijaan keskittyneet veneiden rakentamiseen. Venetelakat ja -veistämöt sijaitsevat usein vesistöjen äärellä ja erityisen paljon veistämötoimintaa on keskittynyt eräiden rannikkopaikkakuntien, kuten Porvoon alueelle.</p> <p>Venetelakoilla käytetään monenlaisia kemikaalituotteita, kuten maaleja, öljytuotteita, lahonsuoja-aineita, pesuaineita, liimoja ja kittejä. Nämä kemikaalituotteet sisältävät hyvin erityyppisiä orgaanisia ja epäorgaanisia haitta-aineita. Antifouling-maalit sisältävät ympäristölle haitallisia aineita, kuten raskasmetalleja, orgaanisia tinayhdisteitä, PCB-yhdisteitä ja orgaanisia liuottimia. Kemikaalituotteita ja niiden sisältämiä haitta-aineita päätyy ympäristöön veneen pintakäsittelyn yhteydessä maaliroiskeina, rungon hiomisen yhteydessä maalilastuina ja -pölynä, veneen pesun ja pilssiveden tyhjentämisen yhteydessä, moottorin huoltotoimenpiteissä, liukenemalla vesille laskettujen alusten pinnoista sekä huolimattoman jätteenkäsittelyn seurauksena.</p> <p>Venetelakoilla ja -veistämöillä on tehty Suomessa hyvin vähän ympäristötutkimuksia, runsaammin tutkimuksia on toteutettu laivatelakoilla ja satamissa. Tehdyissä ympäristötutkimuksissa telakoiden ja talvisäilytysalueiden maaperän on todettu pilaantuneen paikoitellen raskasmetalleista, kuten lyijystä, kuparista ja sinkistä, sekä orgaanisista haitta-aineista, kuten tributyylinasta ja PCB-yhdisteistä. Paikoitellen maaperästä on mitattu myös kohonneita öljyhiilivetyjen ja liuottimien pitoisuuksia. Sedimenttitutkimuksissa telakoiden ja satamien edustoilta on mitattu kohonneita raskasmetallien, orgaanisten tinayhdisteiden ja PCB-yhdisteiden pitoisuuksia.</p> <p>Ympäristötutkimusten kohteena olleen esimerkkitelakan maaperä on lähes sata vuotta kestäneen venetelakka- ja veistämötoiminnan aikana pilaantunut erityisen voimakkaasti niin orgaanisista kuin epäorgaanisista haitta-aineista. Esimerkkikohteena ollut venetelakka sijaitsee Porvoossa Porvoonjoen varrella ja aiemmissa sedimenttitutkimuksissa telakan edustan rantasedimentin on todettu pilaantuneen voimakkaasti raskasmetalleista ja TBT:stä. Muualla Porvoonjoessa haitta-aineiden pitoisuudet ovat hieman koholla.</p>			
Asiasanat	venetelakat, veneveistämöt, antifouling, maaperä, sedimentti, pilaantuminen, ympäristöntutkimus			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö			
	ISBN 978-952-11-3093-9	ISBN 978-952-11-3094-6	ISSN 1238-7312	ISSN 1796-1637
	Sivuja 114	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis. alv 8 %) 8,00 €
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita. Puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, Internet: www.edita.fi/netmarket			
Julkaisun kustantaja	Uudenmaan ympäristökeskus, Asemapäällikönkatu 14, PL 36, 00521 Helsinki. Puh. 020 490 101 (vaihe), 020 690 161 (asiakaspalvelu). Faksi 020 490 3200. Sähköposti: kirjaamo.uus@mparisto.fi, internet: www.ymparisto.fi/uus			
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy 2008			

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Nylands miljöcentral	Datum Maj 2008	
Författare	Paula Pitkäranta		
Publikationens titel	Venetelakkatoiminnan vaikutukset maaperään ja sedimenttiin (Båtvarv - inverkan på jordmån och sediment)		
Publikationsserie	Miljön i Finland 16/ 2008		
Publikationens tema	Miljövård		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: www.miljo.fi/uus/publikationer		
Sammandrag	<p>Båtvarven betjänar båtägare. Varven reparerar, underhåller och dockar båtskroven och många erbjuder därtill mångsidig service för båtmotorer. Båtbyggerierna är däremot inriktade på att bygga båtar. Såväl båtvarven som båtbyggerierna är ofta placerade nära stranden och särskilt mycket båtbyggerier finns på vissa kustorter, t ex kring Borgå.</p> <p>På båtvarven hanteras ett stort antal kemikalier, såsom målfärger, oljor, impregneringsmedel, tvättmedel, lim och kitt. Alla dessa kemikalier innehåller organiska och oorganiska skadliga ämnen av varierande slag. Antifoulingfärgerna innehåller ämnen som är skadliga för miljön, såsom tungmetaller, organiska tennföreningar, PCB-föreningar och organiska lösningsmedel. Kemikalierna och de skadliga ämnen de innehåller förs ut i naturen på olika sätt, som målfärgsstänk när skrovet målas, som färgflagor eller slipdamm då skroven slipas, via vattnet när skorven tvättas eller då pilsvatten leds ut, när motorer underhålls, från sjösatta båtar löses skadliga ämnen ut i vattnet och också om avfall hanteras ovarsamt.</p> <p>Det finns mycket få utredningar om småbåtvarvens och –byggeriernas miljöpåverkan, medan fartygsvarv och stora hamnar har undersökts i större utsträckning. De undersökningar som gjorts visar att jordmånen på varven och vinterförvaringsplatserna ställvis är förorenade av tungmetaller, bl a bly, koppar och zink samt av organiska skadeämnen såsom tributyltenn och PCB-föreningar. Även förhöjda halter av oljekolväten och lösningsmedel har påträffats. Sediment som undersökts i närheten av varv och hamnar uppvisar förhöjda halter av tungmetaller, organiska tennföreningar och PCB-föreningar.</p> <p>Miljöundersökningar har utförts på ett båtvarv i exempelsyfte. Under varvets nära 100-åriga existens har jordmånen kraftigt förorenats av såväl organiska som oorganiska skadliga ämnen. Varvet ligger invid Borgå å i Borgå och tidigare undersökning visar att strandsedimenten innehåller extremt höga halter av tungmetaller och TBT. På andra håll i Borgå å har något förhöjda halter uppmätts.</p>		
Nyckelord	Båtvarv, båtbyggeri, antifouling, mark, sediment, förorening, undersökning av miljö		
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet		
	ISBN 978-952-11-3093-9	ISBN 978-952-11-3094-6	ISSN 1238-7312
	Sidantal 114	Språk Finska	Offentlighet Offentlig
			ISSN 1796-1637
			Pris (inneh. moms 8 %) 8,00 €
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Oy, Kundservice, PB 800, 00043 Edita. Tel +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 E-mail: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, Internet: www.edita.fi/netmarket		
Förläggare	Nylands miljöcentral, Stinsgatan 14, PB 36, 00521 Helsingfors. Tfn. 020 490 101 (växel), 020 690 161 (kundservice). Fax 020 490 3200. e-postadress: kirjaamo.uus@uus.fi, webbadress: www.miljo.fi/uus		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Edita Prima Oy 2008		

Venetelakoilla on käytetty erityyppisiä kemikaalituotteita, kuten antifouling-maaleja, öljy-tuotteita, liuottimia ja lahonsuoja-aineita. Pitkään jatkuneen venetelakkatoiminnan seurauksena on venetelakan maaperä ja sen edustan sedimentti voinut pilaantua orgaanisista ja epäorgaanisista haitta-aineista. Maankäytön muuttuessa on alueen pilaantuneisuus syytä selvittää.

Tähän julkaisuun on koottu tietoja venetelakkatoiminnan historiasta Suomessa, toiminnan laajuudesta eri ajanjaksoina, toiminnan sijoittumisesta, toimintatavoista, käytetyistä kemikaalituotteista ja niiden sisältämistä haitta-aineista sekä haitta-aineiden ominaisuuksista. Julkaisuun on myös koottu tietoa Suomessa telakoilla, satamissa ja talvisäilytysalueilla toteutetuista ympäristötutkimuksista. Julkaisua voidaan hyödyntää mm. venetelakoiden ja -veistämöiden sekä veneiden talvisäilytysalueiden tutkimus- ja kunnostussuunnitelmia laadittaessa sekä venetelakoiden ja -veistämöiden kartoitustyössä.



UUDENMAAN  
YMPÄRISTÖKESKUS  
NYLANDS  
MILJÖCENTRAL

Myynti: Edita Publishing Oy  
PL 800, 00043 EDITA  
Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380  
Edita-kirjakauppa Helsingissä:  
Annankatu 44, puh. 020 450 2566

**ISBN 978-952-11-3093-9 (nid.)**

**ISBN 978-952-11-3094-6 (PDF)**

**ISSN 1238-7312 (pain.)**

**ISSN 1796-1637 (verkkok.)**